



**João Cândido Barbosa Morais**

Licenciado

**Contribuição para o estudo da cultura  
do Kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L.) em  
Portugal, para fins industriais e  
energéticos**

Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em  
Energia e Bioenergia

Orientadora: Benilde Simões Mendes, Professora  
Associada com Agregação, Faculdade de Ciências e  
Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Fernando José Pires Santana  
Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Arguentes: Prof. Doutor Francisco Manuel Cardoso Castro Rego  
Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia  
Prof. Doutor João Paulo Tavares Almeida Fernandes  
Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia  
Vogais: Prof.<sup>a</sup> Doutora Elisabeth da Costa Neves Fernandes de Almeida Duarte  
Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia  
Prof.<sup>a</sup> Doutora Benilde Simões Mendes  
Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia



Março de 2012



**João Cândido Barbosa Morais**

**Contribuição para o estudo da cultura  
do Kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L.) em  
Portugal, para fins industriais e  
energéticos**

© Copyright 2011 by João Cândido Barbosa Morais, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## AGRADECIMENTOS

À Professora Benilde Mendes, minha orientadora, por nunca ter deixado de acreditar e me empurrar para a frente quando vacilei;

Ao Nuno Lapa, colega e amigo, por tudo o que tem sido e feito, e mais alguma coisa que eu não me lembre neste momento;

À Ana Luisa, à Paula Duarte, a toda a equipa de bolseiros(as) e estagiários(as) que desenvolveram a participação da FCT/UNL no projecto BIOKENAF, pois sem eles(as) este trabalho teria sido impossível;

Ao Professor Fernando Lidon, pelo apoio qualificado que prestou na área da Botânica;

Ao futuro doutor Rui Barbosa, o “top-reviewer of the year”, por todo o companheirismo;

A todo o restante pessoal docente e não docente do ex-GDEH, agora DCTB, por suportarem a minha companhia ao longo destes anos;

E, muito especialmente, à minha mãe Clementina, à minha esposa Mónica e à minha filha Laura, que são as pessoas que dão um verdadeiro significado à minha vida e para as quais eu nem sempre estou tão presente como deveria estar;

A todos vós o meu

MUITO OBRIGADO!

Quero dedicar este trabalho à memória de três Homens que eu gostaria que pudessem estar aqui presentes hoje:

Ao meu pai Mário;

Ao meu professor da escola primária Eduardo Lourenço;

Ao meu Mestre, Professor Santos Oliveira



## RESUMO

O kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) é uma planta anual de origem tropical, da família *Malvaceae*, com metabolismo fotossintético em C3 que, nas latitudes temperadas, é cultivada como cultura de verão. Nas últimas décadas tem merecido alguma atenção, devido à possibilidade de ser usada como cultura alternativa “multi-usos”.

Entre 2003 e 2006, foram realizados na FCT/UNL dois conjuntos de ensaios. No primeiro, foi investigada a influência da data de sementeira (S), variedade (V) e densidade de sementeira (D). Os campos deste conjunto de ensaios foram designados campos **SVD**. No segundo, foi investigada a influência da adubação azotada (N) e da irrigação (I). Os campos deste conjunto de ensaios foram designados campos **NI**. Nos campos SVD, foram testadas, em cada ano, duas datas de sementeira, duas variedades de kenaf (Tainung 2 e Everglades 41) e duas densidades de sementeira (20 plantas/m<sup>2</sup> e 40 plantas/m<sup>2</sup>). A adubação aplicada e a irrigação foram mantidas constantes. Nos campos NI foram testadas, em cada ano, três modalidades de adubação azotada (0, 75 e 150 kg N/ha), cruzadas com quatro modalidades de irrigação (0, 25, 50 e 100% da ETp), após um período inicial de irrigação plena.

Os principais resultados obtidos foram:

Não foram observadas diferenças significativas de produção entre as variedades estudadas;

Quando a sementeira foi realizada cedo (primeira quinzena de Maio), não foram observadas diferenças significativas de produção relacionadas com a densidade de sementeira;

Quando a sementeira foi realizada tarde (depois da 15 de Junho), foram obtidas maiores produções na densidade mais elevada;

A data de sementeira é um factor importante para a cultura, sendo obtidas maiores produções quando a sementeira foi realizada em Maio;

A irrigação é o factor mais importante para a cultura, sendo necessário garantir mais de 50% da ETp para obter produções de caule interessantes;

No solo argiloso em que foram realizados os ensaios (rico em azoto), o kenaf só respondeu à adubação azotada quando a rega foi deficitária;

Nas condições mais favoráveis dos ensaios realizados, pode ser esperada uma produção típica de caule entre as 15 e as 20 toneladas de massa seca por hectare, o que torna esta planta competitiva com as espécies florestais cultivadas em Portugal para a produção de pasta de papel;

O kenaf pode exportar do solo entre 75 e 200 kg N/ha, para os níveis de produção indicados.

**Palavras chave:** kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.); Tainung 2; Everglades 41; data de sementeira; densidade de sementeira; irrigação; adubação azotada; solo argiloso.





## ABSTRACT

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) is annual plant of tropical origin, from *Malvaceae* family, with C3 photosynthetic metabolism, that is a summer crop in temperate latitudes. In the last decades it has attracted some attention, due to its possible use as multi-purpose alternative crop.

Between 2003 and 2006 two sets of assays were developed at FCT/UNL. In the first one, the effects of sowing date (S), variety (V) and sowing density (D) were investigated. The fields of this set were called **SVD** fields. In the second one, the effects of Nitrogen fertilization (N) and Irrigation (I) were studied. The fields of this set were called **NI** fields. In the SVD fields, each year, two sowing dates, two varieties (Tainung 2 e Everglades 41) and two sowing densities (20 plants/m<sup>2</sup> and 40 plants/m<sup>2</sup>) were tested. Nitrogen fertilization and Irrigation were kept constant. In NI fields, each year, three Nitrogen fertilizations (0, 75 e 150 kg N/ha), combined with four irrigation intensities (0, 25, 50 e 100% da PET), after a starting period of plain irrigation, were tested.

The main results were, as follow:

There were not observed significant yield differences between the two studied varieties;

For the earlier sowing (beginning of May), there were not observed significant yield differences, related to de sowing density;

For the sowing at late June and after, higher yields were obtained with higher sowing densities;

Sowing date is an important factor and sowing earlier (May) results in higher yield;

Irrigation is the main factor affecting yield and it is necessary to provide more than 50% PET to obtain interesting yields;

In the Nitrogen rich clay soil where the tests were performed, kenaf responds to Nitrogen fertilization, only with deficit irrigation;

At the most favourable conditions of the tests, one can expect typical stem yields between 15 and 20 Mg/ha oven-dry mass, pointing that kenaf is competitive with the usual forestry for pulp performed in Portugal;

At these yield levels, kenaf can uptake between 75 and 200 kg N/ha from the soil.

**Keywords:** kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.); Tainung 2; Everglades 41; sowing date; sowing density; irrigation; Nitrogen fertilization; clay soil.



# Índice de Matérias

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	KENAF. DESCRIÇÃO BOTÂNICA E TAXONOMIA .....	1
1.1.1	<i>Caule.....</i>	1
1.1.2	<i>Folhas .....</i>	2
1.1.3	<i>Flores.....</i>	3
1.1.4	<i>Fruto e semente.....</i>	5
1.1.5	<i>Raiz .....</i>	5
1.2	VARIEDADES .....	5
1.2.1	<i>Variedades de ciclo muito curto .....</i>	6
1.2.2	<i>Variedades de ciclo curto-médio ou variável .....</i>	6
1.2.3	<i>Variedades de ciclo longo.....</i>	6
1.3	NECESSIDADES ECOLÓGICAS E PRODUTIVIDADE.....	6
1.3.1	<i>Preparação do solo e sementeira.....</i>	7
1.3.2	<i>Datas de sementeira.....</i>	7
1.3.3	<i>Densidade de sementeira .....</i>	7
1.3.4	<i>Datas de colheita .....</i>	7
1.3.5	<i>Irrigação .....</i>	8
1.3.6	<i>Adubação .....</i>	8
1.4	CULTURA “MULTI-USOS”. PORQUÊ? .....	8
1.5	PRINCIPAIS ÁREAS DE CULTIVO E MERCADOS .....	9
1.5.1	<i>Produção de fibras brutas para aplicações têxteis.....</i>	10
1.5.2	<i>Mercado internacional de fibra bruta para aplicações têxteis .....</i>	11
1.5.3	<i>Produção e mercado internacional de produtos manufacturados .....</i>	12
1.5.4	<i>Preços para aplicações têxteis.....</i>	14
1.5.5	<i>Papel e pasta de papel .....</i>	16
1.5.6	<i>Prensados e compósitos.....</i>	17
1.5.7	<i>Forragem .....</i>	18
1.6	HIPÓTESE DE TRABALHO .....	18
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
2.1	LOCALIZAÇÃO DOS CAMPOS DE TESTE .....	19
2.2	DESENHO EXPERIMENTAL.....	21
2.2.1	<i>Campos SVD .....</i>	21
2.2.2	<i>Campos NI .....</i>	22
2.2.3	<i>Disposição dos campos no terreno .....</i>	22
2.2.4	<i>Semente .....</i>	24
2.2.5	<i>Contingências .....</i>	24
2.3	PREPARAÇÃO DO SOLO E MANEJO DA CULTURA.....	24
2.4	AMOSTRAGEM.....	25
2.4.1	<i>Plantas .....</i>	25
2.4.2	<i>Solo .....</i>	25
<b>3</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
3.1	DADOS CLIMÁTICOS .....	27
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO .....	39
3.3	PRODUÇÃO DE BIOMASSA .....	42
3.3.1	<i>Campos SVD.....</i>	42
3.3.1.1	<i>Ano de 2003.....</i>	42
3.3.1.2	<i>Ano de 2004.....</i>	47
3.3.1.3	<i>Ano de 2005.....</i>	52
3.3.2	<i>Campos NI.....</i>	61
3.3.2.1	<i>Ano de 2003.....</i>	61
3.3.2.2	<i>Ano 2004 .....</i>	64
3.3.2.3	<i>Ano 2005 .....</i>	67
3.3.2.4	<i>Ano 2006 .....</i>	74
3.4	AZOTO NA BIOMASSA .....	81
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>87</b>
4.1	EFEITO DA DATA DE SEMEITEIRA, VARIEDADE E DENSIDADE.....	87

4.1.1	Ano de 2003.....	87
4.1.2	Ano de 2004.....	89
4.1.3	Ano de 2005.....	91
4.2	EFEITO DA ADUBAÇÃO AZOTADA E DA IRRIGAÇÃO .....	93
4.2.1	Ano de 2003.....	93
4.2.2	Ano de 2004.....	94
4.2.3	Ano de 2005.....	95
4.2.4	Ano de 2006.....	97
4.3	RELAÇÃO ENTRE O AZOTO PRESENTE NA BIOMASSA E A PRODUÇÃO DE BIOMASSA AÉREA .....	99
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>103</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E RECURSOS DA INTERNET .....</b>	<b>105</b>
6.1	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	105
6.2	RECURSOS DA INTERNET .....	111

## Índice de Figuras

Figura 1.1 – Caule seco de kenaf.....	1
Figura 1.2 - Evolução do formato e dimensões do limbo da folha de kenaf, var. Tainung 2. O número indica a posição do nó de inserção, a partir do solo.....	2
Figura 1.3 - Flores de kenaf, var. Everglades 41. A – D: Sequência de floração de um exemplar cultivado em estufa; A - 09/02/2009, 12:00; B - 09/02/2009, 17:00; C - 10/02/2009, 12:00; D - 10/02/2009, 17:00; o mesmo número indica estágios diferentes da mesma flor. E, F: Pormenor da flor.....	4
Figura 1.4 - Fruto e sementes de kenaf, var. Tainung 2. A - aspecto geral do fruto; B - cápsula com as sépalas removidas; C - sementes.....	5
Figura 1.5 - Evolução da produção mundial de fibra bruta de juta, kenaf e plantas afins. Adaptado de FAO (2009). .....	10
Figura 1.6 - Evolução dos preços do petróleo (Brent, BRE) e dos custos de transporte de contentores por via marítima (FRE), entre a Ásia e a Europa (UNCTAD, 2010).....	15
Figura 2.1 - Localização dos campos de ensaio (FCT Campo Kenaf), Edifício Departamental (FCT) e Estação Meteorológica (FCT Meteo) na zona Noroeste da Península de Setúbal. Fonte: Google™ Earth ( <a href="http://earth.google.com">http://earth.google.com</a> ).....	19
Figura 2.2 - Divisão administrativa (freguesias) da zona noroeste da Península de Setúbal. Fonte: Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente, ( <a href="http://www.iambiente.pt">http://www.iambiente.pt</a> )....	20
Figura 2.3 - Pormenor da localização do terreno onde foram realizados os ensaios de campo. Fonte: Google™ Earth, ( <a href="http://earth.google.com">http://earth.google.com</a> ).....	20
Figura 2.4 - Disposição esquemática dos campos experimentais no terreno. Os blocos AI, AII e AIII dizem respeito aos campos NI. Os blocos BI, BII e BIII dizem respeito aos campos SVD.....	23
Figura 2.5 - Disposição dos campos experimentais no terreno. Imposição de uma grelha no terreno para delimitação e identificação dos campos.....	24
Figura 3.1 - Precipitação mensal na estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL. As linhas representam os valores dos percentis 90 (Prec_P90), 50 (Prec_P50) e 10 (Prec_P10) para o período entre Maio de 1985 e Dezembro de 2009.....	28
Figura 3.2 - Temperatura média mensal na estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL. As linhas representam os valores dos percentis 90 (Temp_P90), 50 (Temp_P50) e 10 (Temp_P10) para o período entre Maio de 1985 e Dezembro de 2009.....	28
Figura 3.3 - Percentil 50 da precipitação mensal (Prec), Evapotranspiração potencial (ETp) e Evapotranspiração efectiva (ETe), segundo os dados da estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL.....	29
Figura 3.4 - Valores calculados de água no solo, para uma capacidade útil de 100 mm, com base nos dados da estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL.....	30
Figura 3.5 - Balanço hídrico calculado com base nos dados da estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL. Valores calculados de défice hídrico (Def. Híd.) e superavit hídrico (Sup. Híd.), para uma capacidade útil de 100 mm.....	30
Figura 3.6 - Radiação global mensal calculada com base nos valores da radiação horária na estação climatológica da FCT-UNL, disponibilizados pelo SNIRH. Valores médios (Média), máximos (MAX) e mínimos (min) para o período entre Abril de 2001 e Dezembro de 2009.....	31

Figura 3.7 - Duração do dia, em horas de sol, calculadas em relação ao nascimento e ocaso do sol (bordo superior) em Lisboa, ao nível do mar, em 2005. Fonte dos dados: Observatório Astronómico de Lisboa, <a href="http://www.oal.ul.pt">http://www.oal.ul.pt</a> .	32
Figura 3.8 - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2003.	33
Figura 3.9 - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2004.	33
Figura 3.10 - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2005.	34
Figura 3.11 - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2006.	34
Figura 3.12 - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2003.	35
Figura 3.13 - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2004.	35
Figura 3.14 - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2005.	36
Figura 3.15 - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2006.	36
Figura 3.16 - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2003.	37
Figura 3.17 - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2004.	37
Figura 3.18 - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2005.	38
Figura 3.19 - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2006.	38
Figura 3.20 - Perfil de solo de um local próximo da localização dos campos experimentais. A (0 – 60 cm); B (60 – 120 cm); C (> 120 cm).	39
Figura 3.21 - Coberto vegetal no início dos trabalhos de lavoura, em Maio de 2003.	41
Figura 3.22 - Evolução da produtividade de caule (campos S <sub>1</sub> , 2003).	43
Figura 3.23 - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S <sub>1</sub> , 2003).	44
Figura 3.24 - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S <sub>1</sub> , 2003).	44
Figura 3.25 - Evolução da produtividade de caule (campos S <sub>2</sub> , 2003).	46
Figura 3.26 - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S <sub>2</sub> , 2003).	46
Figura 3.27 - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S <sub>2</sub> , 2003).	47
Figura 3.28 - Evolução da produção de caule (campos S <sub>1</sub> , 2004).	48
Figura 3.29 - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S <sub>1</sub> , 2004).	49
Figura 3.30 - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S <sub>1</sub> , 2004).	49
Figura 3.31 - Evolução da produção de caule (campos S <sub>2</sub> , 2004).	51
Figura 3.32 - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S <sub>2</sub> , 2004).	51
Figura 3.33 - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S <sub>2</sub> , 2004).	52

Figura 3.34 - Evolução da produtividade de caule (valores médios entre os 3 Blocos, campos S <sub>1</sub> , os campos S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> e S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> não têm dados referentes ao Bloco 3, 2005).....	58
Figura 3.35 - Evolução da produtividade de caule (valores médios entre os 3 Blocos, campos S <sub>2</sub> , 2005).....	58
Figura 3.36 - Evolução da percentagem de caule na biomassa (valores médios entre os 3 Blocos, campos S <sub>1</sub> , os campos S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> e S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> não têm dados referentes ao Bloco 3, 2005). ....	59
Figura 3.37 - Evolução da percentagem de caule na biomassa (valores médios entre blocos, campos S <sub>2</sub> , 2005).....	59
Figura 3.38 - Evolução da percentagem de casca no caule (valores médios entre os 3 Blocos, campos S <sub>1</sub> , os campos S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> e S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> não têm dados referentes ao Bloco 3, 2005). ....	60
Figura 3.39 - Evolução da percentagem de casca no caule (valores médios entre blocos, campos S <sub>2</sub> , 2005). ....	60
Figura 4.1 - Análise da interacção entre os efeitos Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2003).....	88
Figura 4.2 - Análise da interacção entre os efeitos Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2004).....	90
Figura 4.3 - Análise da interacção entre os efeitos Data de Sementeira, Variedade e Densidade (Ensaio SVD, 2005, Blocos 1 e 2).....	92
Figura 4.4 - Análise da interacção entre os efeitos Adubação Azotada e Irrigação (Ensaio NI, 2005).....	97
Figura 4.5 - Curva de diluição do azoto e “curvas envelope” para o kenaf cultivado na FCT/UNL. ....	100
Figura 4.6 - Curva de consumo do azoto para o kenaf cultivado na FCT/UNL. ....	101





## Índice de Quadros

Quadro 1.1 - Resumo dos resultados obtidos em rotações soja x kenaf (Webber, 1999) .....	9
Quadro 1.2 - Produtores de fibra bruta de juta (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009) .....	11
Quadro 1.3 - Maiores produtores mundiais de fibra bruta de kenaf (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009).....	11
Quadro 1.4 - Maiores exportadores mundiais de fibra bruta de juta, kenaf e afins (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009) .....	11
Quadro 1.5 - Maiores importadores mundiais de fibra bruta de juta, kenaf e afins (Valores anuais em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009) .....	12
Quadro 1.6 - Maiores exportadores mundiais de produtos manufacturados de fibra de juta, kenaf e afins (Valores anuais em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009).....	13
Quadro 1.7 - Produção e exportação anuais de produtos manufacturados de fibra de juta, kenaf e afins da Índia (Valores anuais em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009).....	13
Quadro 1.8 - Maiores importadores mundiais de produtos manufacturados de fibra de juta, kenaf e afins (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009) .....	13
Quadro 1.9 - Preços à produção e à exportação da fibra bruta em alguns dos maiores produtores. Preços à exportação de produtos manufacturados na Índia. Preços médios da campanha (Valores em USD por tonelada, f. o. b.). Adaptado de FAO (2009) .....	14
Quadro 3.1 - Características físico-químicas do solo onde decorreram os ensaios de campo, em 19 de Maio de 2003 .....	40
Quadro 3.2 - Valores em kg/ha até 30 cm de profundidade.....	40
Quadro 3.3 - Eventos significativos nos campos SVD, em 2003 .....	42
Quadro 3.4 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S <sub>1</sub> , em 2003.....	42
Quadro 3.5 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>1</sub> no ensaio de 2003, em t/ha.....	43
Quadro 3.6 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S <sub>2</sub> , em 2003 .....	45
Quadro 3.7 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>2</sub> no ensaio de 2003, em t/ha.....	45
Quadro 3.8 - Eventos significativos nos campos SVD, em 2004. ....	47
Quadro 3.9 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S <sub>1</sub> , em 2004 .....	47
Quadro 3.10 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>1</sub> no ensaio de 2004, em t/ha.....	48
Quadro 3.11 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S <sub>2</sub> , em 2004 .....	50
Quadro 3.12 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>2</sub> no ensaio de 2004, em t/ha.....	50
Quadro 3.13 - Eventos significativos nos campos SVD, em 2005.....	52
Quadro 3.14 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S <sub>1</sub> , em 2005 .....	53
Quadro 3.15 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha. ....	53
Quadro 3.16 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> no ensaio de 2005, em t/ha. ....	54
Quadro 3.17 - Biomassa aérea seca dos campos S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha. ....	54
Quadro 3.18 - Biomassa aérea dos campos S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca. ....	55
Quadro 3.19 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S <sub>2</sub> , em 2005 .....	55
Quadro 3.20 - Biomassa aérea dos campos S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca. ....	56

Quadro 3.21 - Biomassa aérea dos campos $S_2V_1D_2$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .	56
Quadro 3.22 - Biomassa aérea dos campos $S_2V_2D_1$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .	57
Quadro 3.23 - Biomassa aérea dos campos $S_2V_2D_2$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .	57
Quadro 3.24 - Eventos significativos nos campos NI, em 2003.....	61
Quadro 3.25 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2003 .....	61
Quadro 3.26 - Condições gerais do ensaio NI em 2003 .....	61
Quadro 3.27 - Biomassa aérea dos campos $I_0$ no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca .....	62
Quadro 3.28 - Biomassa aérea dos campos $I_{25}$ no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca .....	62
Quadro 3.29 - Biomassa aérea dos campos $I_{50}$ no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca .....	62
Quadro 3.30 - Biomassa aérea dos campos $I_{100}$ no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca.....	63
Quadro 3.31 - Eventos significativos nos campos NI, em 2004.....	64
Quadro 3.32 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2004 .....	64
Quadro 3.33 - Condições gerais do ensaio NI em 2004 .....	64
Quadro 3.34 - Biomassa aérea dos campos $I_0$ no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca .....	65
Quadro 3.35 - Biomassa aérea dos campos $I_{25}$ no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca .....	65
Quadro 3.36 - Biomassa aérea dos campos $I_{50}$ no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca .....	65
Quadro 3.37 - Biomassa aérea dos campos $I_{100}$ no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca.....	66
Quadro 3.38 - Eventos significativos nos campos NI, em 2005.....	67
Quadro 3.39 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2005 .....	67
Quadro 3.40 - Condições gerais do ensaio NI em 2005 .....	67
Quadro 3.41 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_0$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .....	68
Quadro 3.42 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_0$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .....	68
Quadro 3.43 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_0$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca.....	69
Quadro 3.44 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_{25}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .....	69
Quadro 3.45 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_{25}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca.....	70
Quadro 3.46 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_{25}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca ..	70
Quadro 3.47 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_{50}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca...	71
Quadro 3.48 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_{50}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca.....	71
Quadro 3.49 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_{50}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .....	72
Quadro 3.50 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_{100}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca.....	72
Quadro 3.51 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_{100}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca ..	73
Quadro 3.52 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_{100}$ no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca .	73
Quadro 3.53 - Eventos significativos nos campos NI, em 2006.....	74
Quadro 3.54 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2006 .....	74
Quadro 3.55 - Condições gerais do ensaio NI em 2006 .....	74
Quadro 3.56 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_0$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca .....	75
Quadro 3.57 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_0$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca .....	75

Quadro 3.58 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_0$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca ...	76
Quadro 3.59 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_{25}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca.....	76
Quadro 3.60 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_{25}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca ...	77
Quadro 3.61 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_{25}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca ..	77
Quadro 3.62 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_{50}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca.....	78
Quadro 3.63 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_{50}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca	78
Quadro 3.64 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_{50}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca ..	79
Quadro 3.65 - Biomassa aérea dos campos $N_0I_{100}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca ...	79
Quadro 3.66 - Biomassa aérea dos campos $N_{75}I_{100}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca ..	80
Quadro 3.67 - Biomassa aérea dos campos $N_{150}I_{100}$ no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca.	80
Quadro 3.68 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio SVD, em 2003.....	81
Quadro 3.69 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio SVD, em 2004.....	82
Quadro 3.70 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio SVD, em 2005, valores médios e desvio padrão entre blocos. ....	83
Quadro 3.71 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio NI, em 2003 .....	84
Quadro 3.72 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio NI, em 2004 .....	85
Quadro 3.73 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio NI, em 2005, valores médios e desvio padrão entre blocos. ....	86
Quadro 4.1 - Produção máxima de caule no ensaio SVD no ano de 2003.....	87
Quadro 4.2 - Análise de efeitos principais (Ensaio SVD, 2003).....	87
Quadro 4.3 - Análise da interacção entre Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2003). ....	87
Quadro 4.4 - Comparação Post-hoc. Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ . (Ensaio SVD, 2003).....	88
Quadro 4.5 - Produção máxima de caule no ensaio SVD no ano de 2004.....	89
Quadro 4.6 - Análise de efeitos principais (Ensaio SVD, 2004).....	89
Quadro 4.7 - Análise da interacção entre Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2004). ....	89
Quadro 4.8 - Comparação Post-hoc. Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ (Ensaio SVD, 2004). ....	90
Quadro 4.9 - Produção máxima de caule no ensaio SVD no ano de 2005.....	91
Quadro 4.10 - Análise de efeitos principais (Ensaio SVD, 2005).....	91
Quadro 4.11 - Comparação entre Blocos. ....	91
Quadro 4.12 - Análise da interacção entre os factores Data de Sementeira, Variedade e Densidade (Ensaio SVD, 2005, Blocos 1 e 2).....	92
Quadro 4.13 - Comparação Post-hoc. Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ (Ensaio SVD, 2005, Blocos 1 e 2). ....	93
Quadro 4.14 - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2003.....	93

Quadro 4.15 - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2003).....	93
Quadro 4.16 - Comparação Post-hoc. Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ (Ensaio NI, 2003).....	94
Quadro 4.17 - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2004. ....	94
Quadro 4.18 - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2004).....	94
Quadro 4.19 - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2005. ....	95
Quadro 4.20 - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2005).....	95
Quadro 4.21 - Comparação Post-hoc (efeito Bloco). Fischer LSD, $\alpha = 0.05$ (Ensaio NI, 2005).....	95
Quadro 4.22 - Comparação Post-hoc (Adubação Azotada). Fischer LSD, $\alpha = 0.05$ (Ensaio NI, 2005).....	96
Quadro 4.23 - Comparação Post-hoc (Irrigação). Fischer LSD, $\alpha = 0.05$ . (Ensaio NI, 2005)....	96
Quadro 4.24 - Análise da interacção entre Adubação Azotada e Irrigação (Ensaio NI, 2005)...	96
Quadro 4.25 - Comparação Post-hoc. Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ (Ensaio NI, 2005).....	97
Quadro 4.26 - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2006. ....	98
Quadro 4.27 - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2006).....	98
Quadro 4.28 - Comparação Post-hoc (Blocos). Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ (Ensaio NI, 2006) .....	98
Quadro 4.29 - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2006, Blocos 1 e 3).....	99
Quadro 4.30 - Análise da interacção entre Adubação Azotada e Irrigação (Ensaio NI, 2006, Blocos 1 e 3).....	99
Quadro 4.31 - Comparação Post-hoc (Irrigação). Fischer LSD, $\alpha = 0,05$ (Ensaio NI, 2006, Blocos 1 e 3).....	99

## **Abreviaturas, siglas e símbolos**

AEMET – Agencia Estatal de Meteorologia (Espanha).

Casca – Líber; parte externa do caule.

Cerne – Parte interna do caule, lenhosa.

CRES – Center for Renewable Energy Sources (Grécia).

D1; D2 – Densidades de sementeira do ensaio SVD (20 e 40 plantas/ha, respectivamente).

DAS – Dias após a sementeira.

ETe – Evapotranspiração efectiva.

ETp – Evapotranspiração potencial.

EUA – Estados Unidos da América.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fibras liberianas – Fibras extraídas da parte externa do caule (líber) de algumas plantas como kenaf, juta, cânhamo e linho.

G. L. – Graus de liberdade (tabelas de análise de variância).

I0; I25; I50; I100 – Níveis de irrigação aplicados nos ensaios NI.

IGeoE – Instituto Geográfico do Exército (Portugal).

IM – Instituto de Meteorologia (Portugal).

Irr – Irrigação.

ITAS; GDC – Integral térmico após a sementeira; Grau.dia de crescimento.

LSD – Least Significant Difference.

MS – Mean Squares (tabelas de análise de variância).

N0; N75; N150 – Níveis de adubação azotada aplicados nos ensaios NI.

NBA – Azoto na biomassa aérea.

NI – Ensaio de campo com diferentes níveis de adubação azotada e irrigação.

Post-hoc – Teste de hipóteses às médias, realizado após a análise de variância.

Prec\_P90; Prec\_P10 – Percentis 90 e 10 da precipitação, respectivamente.

S1; S2 – Primeira e segunda datas de sementeira do ensaio SVD, em cada ano.

SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Portugal).

SS – Sum Squares (tabelas de análise de variância).

SVD – Ensaio de campo com diferentes datas de sementeira, variedades e densidades culturais.

TAPPI – Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development.

USD – US dólar. Moeda dos Estados Unidos da América.

USDA – United States Department of Agriculture (Estados Unidos da América).

V1; V2 – Variedades de kenaf do ensaio SVD (Tainung 2 e Everglades 41, respectivamente)



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Kenaf. Descrição botânica e taxonomia

O kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) é uma planta anual de dias curtos, de origem tropical, da família *Malvaceae*, com metabolismo fotossintético em C3 que, nas latitudes temperadas, é cultivada como cultura de verão para a produção de fibra. O género *Hibiscus* é muito comum, existindo aproximadamente 200 espécies de plantas anuais e perenes. O kenaf está colocado na secção *Furcaria* do género *Hibiscus*. Esta secção inclui cerca de 40 a 50 espécies tropicais, que são morfologicamente semelhantes (Craven *et al.*, 2003; Danalatos e Archontoulis, 2010; Dempsey, 1975; Wilson, 1999).

### 1.1.1 Caule

O caule do kenaf tem, geralmente, secção circular e, dependendo da variedade, apresenta uma cobertura pilosa ou espinhosa. A cor do caule varia, em função da variedade e da idade da planta, entre o verde e a cor de vinho. Quando crescem isoladas, as plantas de kenaf desenvolvem caules ramificados. Em cultura, com densidades em torno das 200 mil plantas por hectare, ou superior, as plantas de kenaf tendem a crescer com um caule individual, até uma altura variável, que pode atingir os 6 metros, e com um diâmetro na base de cerca de 3 centímetros, ou superior, nas plantas adultas (Kaldor, 1989). Ao longo da secção recta do caule do kenaf é possível distinguir macroscopicamente três zonas (figura 1.1): A zona central do caule, ou medula, com cerca de 2 mm de diâmetro, composta por um material leve e esponjoso; uma zona lenhosa, o xilema, que constitui a maior parte do caule; a zona cortical, mais externa, que contém o floema, com cerca de 1 mm de espessura, composta por material fibroso, revestido por uma cutícula. A zona cortical, ou liber, contém fibras longas e resistentes, com um teor mais elevado em celulose, enquanto que a zona lenhosa contém fibras curtas, com teores de lenhina superiores aos da zona cortical. Em termos globais, o interior lenhoso do caule tem mais lenhina e menos celulose que o liber (Clark *et al.*, 1971; Rowel e Stout, 2007).

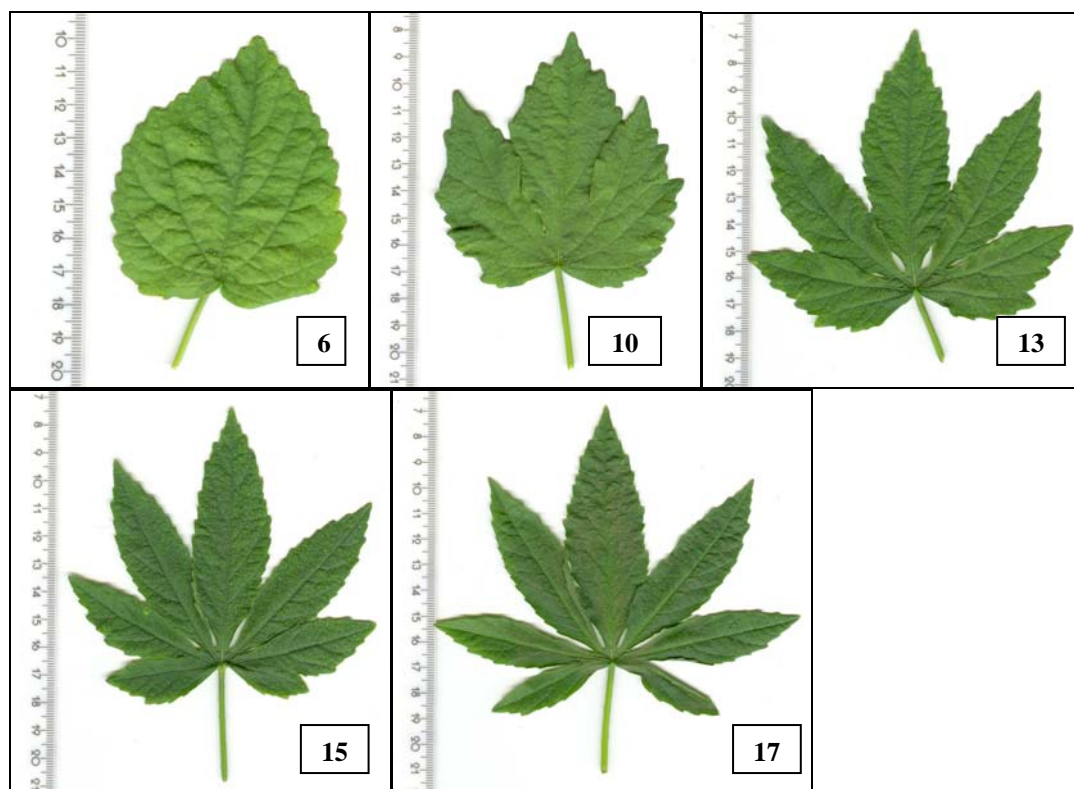


**Figura 1.1** – Caule seco de kenaf.

No fim do ciclo cultural, o liber constitui entre 35% e 40% da massa seca da planta, com os valores mais altos a serem obtidos nas maiores densidades culturais. O interior lenhoso ocupa a quase totalidade da restante massa seca. O teor de fibras longas no liber está entre 50% e 55%, enquanto que no interior lenhoso as fibras curtas constituem entre 45% e 60% da matéria seca (Clark e Wolff, 1969; Muchow, 1983; Wood *et al.*, 1983).

### 1.1.2 Folhas

Nas variedades testadas na FCT, as folhas inserem-se no caule de forma alternada, cíclica, com um passo de inserção de cinco ou sete folhas. São folhas incompletas pecioladas, de nervação palminérvia. As dimensões do pecíolo e do limbo são variáveis, em função da variedade cultural, da idade da planta e da densidade populacional. De uma forma geral o comprimento do pecíolo é cerca de duas vezes o comprimento do limbo. As folhas dispõem-se de forma dorsiventral, com a face posterior (dorsal) da folha virada para o solo. Em plantas isoladas, todas as inserções podem gerar uma nova folha, ou um ramo. Em densidades culturais elevadas, só os cinco a sete nós mais próximos do topo da planta apresentam folhas. Tal como a cor do caule, o formato das folhas depende da variedade e da idade da planta. De uma forma geral, o recorte do limbo é serrado ou crenado. Quanto à existência de recorte profundo, pode dividir-se as variedades de kenaf em duas categorias: as variedades com limbo partido (p. e. Tainung 2); e as variedades com folhas inteiras (p. e. Everglades 41). As variedades de limbo partido podem criar problemas com as autoridades aos agricultores, porque as suas folhas são muito semelhantes às do *Cannabis*. O tipo de folha inteira tem folhas cordiformes que lembram as do algodão. As primeiras folhas das plantas jovens de todas as variedades de kenaf são do tipo inteiro (Baldwin, 1994; Jones *et al.*, 1955; Webber *et al.*, 2002). Na variedade Tainung 2, a mudança de folhas de limbo inteiro para folhas de limbo partido dá-se de forma gradual entre o 6º nó (limbo inteiro) e o 17º nó (limbo partido com 7 lobos), conforme se ilustra na figura 1.2. As folhas têm uma longevidade elevada. Em plantas crescendo sem limitação de luz, é possível ainda existirem folhas juvenis no início da floração.



**Figura 1.2** - Evolução do formato e dimensões do limbo da folha de kenaf, var. Tainung 2. O número indica a posição do nó de inserção, a partir do solo.



Todas as folhas possuem, na face posterior, na nervura central, cerca de um cm acima da base do limbo, uma glândula de nectar, que é muito visitada por insectos. As folhas de plantas jovens podem conter até 30% de proteína bruta e são usadas, em alguns países, na alimentação humana e como forragem para o gado (Webber, 1993).

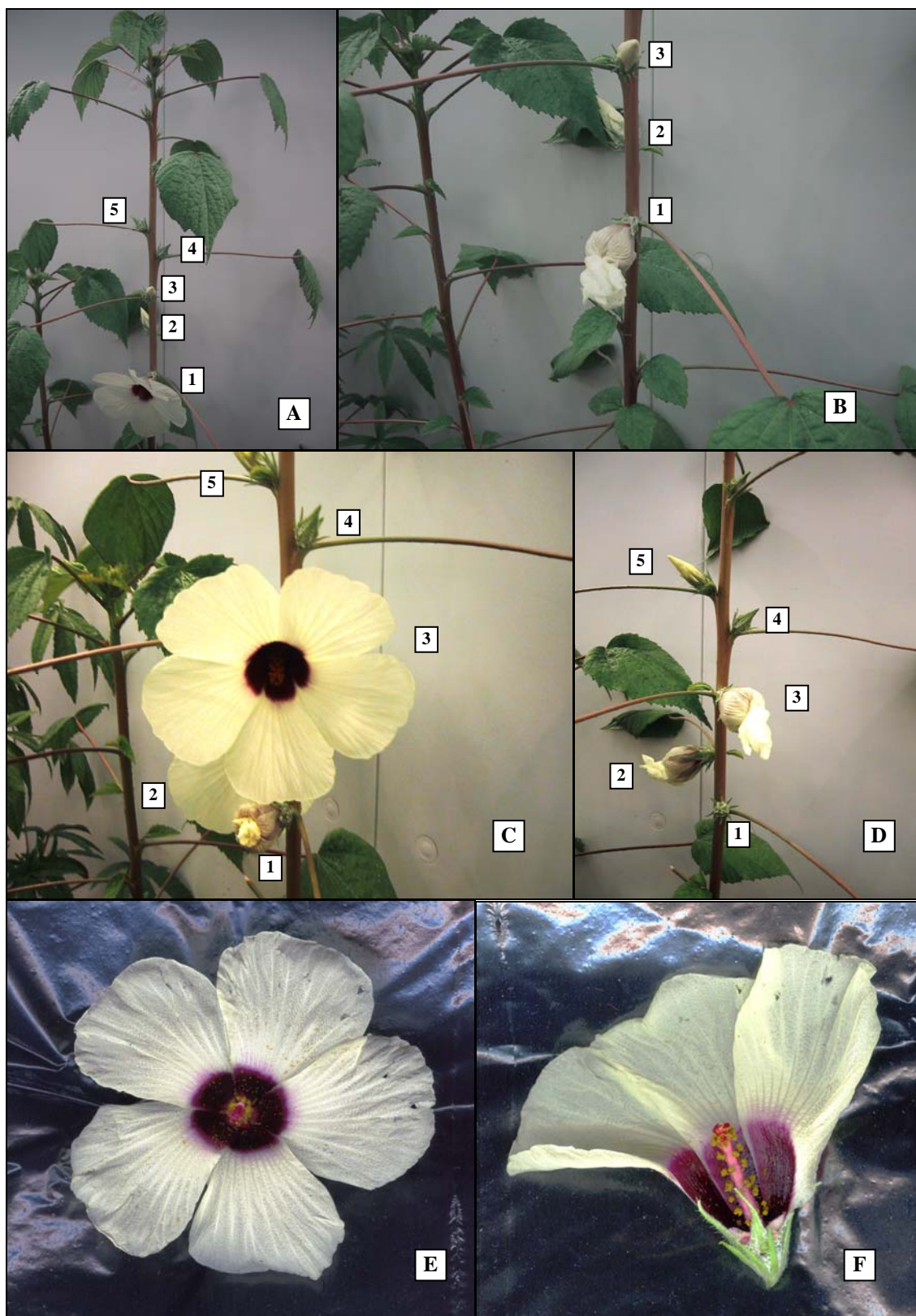
### 1.1.3 Flores

As flores são grandes, com cerca de 10 cm de diâmetro. A corola tem 5 pétalas, cuja cor varia com a variedade, sendo mais vulgares as cores creme ou amarelo claro, com a base roxo escuro. Quando completamente aberta, tem a forma de sino. As flores inserem-se com um pedúnculo de cerca de 1 cm na axila das folhas do quarto superior do caule e ramos, à razão de uma flor por cada axila. O número total de flores que uma planta pode produzir é indeterminado, uma vez que o meristema apical do caule continua activo durante a floração, mantendo-se o crescimento vegetativo e a produção de novas folhas e flores, enquanto as condições ambientais o permitirem (Webber *et al.*, 2002).

Embora o período de floração de uma planta possa durar 3 a 4 semanas, cada flor desabrocha por apenas um dia. Na figura 1.3 (A-D) mostra-se a sequência de floração de um exemplar de kenaf da variedade Everglades 41, cultivado em estufa na FCT. Os botões despontam do cálice durante a tarde de um dia e a flor desabrocha de manhã cedo no dia seguinte. O ponto de máxima abertura é atingido durante a manhã. Durante a tarde, as flores fecham e não voltam a abrir. As flores fecham com um movimento de torção das pétalas e a parte superior destas é recolhida para o interior do “bolbo” formado. Este “bolbo” cai no dia seguinte ao da abertura da flor, enquanto que o cálice se fecha, protegendo o ovário com os óvulos fecundados. As flores de kenaf são hermafroditas. Na figura 1.3 (E-F) mostra-se a flor com maior pormenor. As anteras, dipostas ao longo da coluna estaminal, já libertaram o pólen e, na parte superior, é visível o estigma ramificado.

O kenaf é normalmente considerado uma cultura de auto-polinização, em consequência da forma como a flor se desenvolve e, depois, como fecha. Durante o desenvolvimento, o estigma emerge entre as anteras, depois destas libertarem o pólen. Durante o fecho, as extremidades do estigma ramificado são empurradas contra as anteras cobertas de pólen (Webber *et al.*, 2002). Embora as suas flores estejam abertas por um período reduzido de tempo, o kenaf tem sido classificado como uma cultura em que a polinização cruzada também é possível (Pate e Joyner, 1958), uma vez que as flores de kenaf atraem insectos polinizadores, como a abelha, que as polinizam (McGregor, 1976).

Devido à possibilidade de existência de polinização cruzada, a semente obtida nem sempre é pura, se existirem nas proximidades outras variedades em flor (Baldwin 1994, 1996). No entanto, a maior parte das flores são auto-polinizadas. Tamargo e Jones (1954) registaram incidências de polinização cruzada entre 2% e 24% para diversas variedades. Esta incidência parece ser muito dependente da distância. A incidência de cruzamento entre cultivares diferentes, a uma distância de 25 metros, foi apenas de 0.16%, sendo esta a distância mínima de isolamento sugerida para campos dedicados à produção de semente (Jones *et al.*, 1955). Os mesmos autores referem que as características do pólen não permitem a sua dispersão pelo vento.



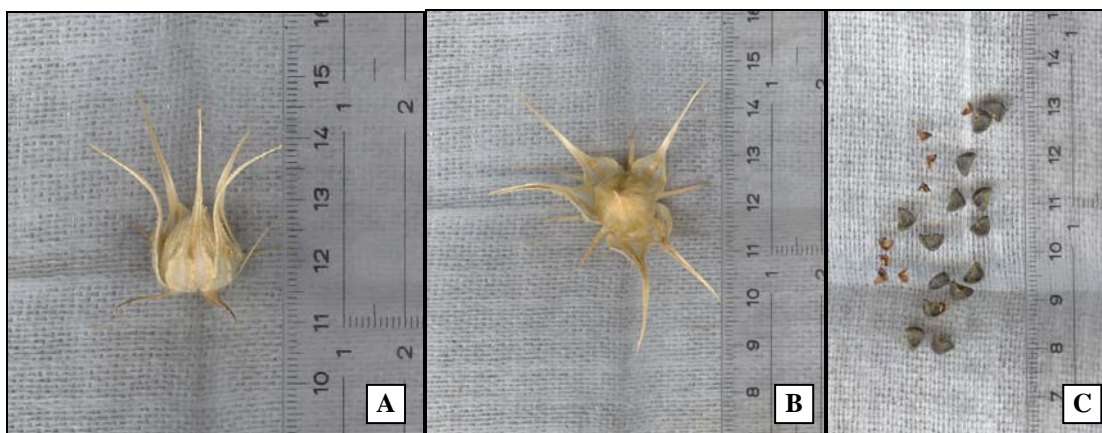
**Figura 1.3** - Flores de kenaf, var. Everglades 41. A – D: Sequência de floração de um exemplar cultivado em estufa; A - 09/02/2009, 12:00; B - 09/02/2009, 17:00; C - 10/02/2009, 12:00; D - 10/02/2009, 17:00; o mesmo número indica estágios diferentes da mesma flor. E, F: Pormenor da flor.

### 1.1.4 Fruto e semente

Após a polinização, o ovário transforma-se numa cápsula pontiaguda, de formato aproximadamente oval, protegida pelas sépalas. O seu comprimento pode variar entre 19 e 25 mm e o diâmetro máximo, entre 13 e 19 mm (figura 1.4 A e B). As cápsulas das variedades cultivadas são geralmente indeiscentes e permanecem intactas durante várias semanas após atingirem a maturidade e a planta secar. A cápsula tem uma cobertura pubescente, cujos pelos são irritantes para a pele humana. Está dividida em cinco compartimentos e pode conter entre 20 a 26 sementes (Dempsey, 1975).

Após a polinização, são necessárias entre 4 a 6 semanas para a maturação estar completa. As sementes são pequenas (35000 to 40000 sementes/kg), de formato sub-reiniforme e de cor escura, após a maturação (figura 1.4 C). Em condições normais de armazenamento, a semente permanece viável por oito meses (Baldwin, 1994; Crane e Acuna, 1945; Webber *et al.*, 2002).

A semente de kenaf contém entre 22% e 30% de óleo e entre 30% e 33% de proteína. Os ácidos gordos mais representativos são palmítico, oleico e linoleico (Hopkins e Chisholm, 1959; Singh, 1988).



**Figura 1.4** - Fruto e sementes de kenaf, var. Tainung 2. A - aspecto geral do fruto; B - cápsula com as sépalas removidas; C - sementes.

### 1.1.5 Raiz

O kenaf desenvolve uma raiz apumada profunda, que produz ramificações laterais mais ou menos extensas, em função das características do solo e da densidade populacional. O sistema radicular adapta-se rapidamente às variações da humidade do solo. Em sistemas culturais plenamente irrigados, cerca de 80% da biomassa radicular poderá estar nos primeiros 30 cm de profundidade do solo. Este sistema radicular muito eficaz e relativamente profundo, a sua adaptabilidade e amplo sistema de raízes laterais, confere à planta alguma tolerância à seca. Para além disso, este sistema radicular permite-lhe utilizar de forma eficiente os nutrientes residuais das colheitas anteriores (Bañuelos *et al.*, 2002; Muchow e Wood, 1980).

## 1.2 Variedades

Ainda de seja de origem tropical, existem naturalmente, e foram desenvolvidas variedades que se adaptam bem a um largo intervalo de condições geográficas e climáticas, que permitiram a sua introdução nos climas temperados (Meints e Smith, 2003). A floração da maior parte das cultivares é regulada pelo fotoperíodo (Carberry *et al.*, 1992; Crane, 1947; Crane *et al.*, 1946; Dempsey, 1963; Ferraris, 1979; Gray *et al.*, 2006; Medina, 1950). As variedades culturais diferem significativamente na sua resposta à duração do dia, mas o crescimento do caule e a

acumulação de biomassa declinam rapidamente a partir do início da floração (Angelini *et al.*, 1998; Wood *et al.*, 1983).

### **1.2.1 Variedades de ciclo muito curto**

As variedades de ciclo muito curto foram desenvolvidas para cultivo em regiões situadas acima dos 37° de Latitude. Estão incluídas neste grupo algumas variedades desenvolvidas na Rússia e Coreia, que atingem a maturação em 70 a 100 dias após a sementeira. Estas variedades têm uma elevada produção de semente, mas o período de crescimento vegetativo curto origina plantas mais pequenas, com menores rendimentos de biomassa e de fibra por unidade de área de cultivo. Estas variedades não são cultivadas a Latitudes inferiores, porque se verificou entrarem em floração ainda mais cedo nestas condições, o que iria resultar em produções de biomassa mais reduzidas (Dempsey 1975; Webber *et al.*, 2002).

### **1.2.2 Variedades de ciclo curto-médio ou variável**

As variedades de ciclo curto-médio são consideradas adequadas para a cultura em regiões entre os 10° e os 30° de Latitude. Nestas variedades, a indução floral é fortemente dependente do fotoperíodo e acontece em Setembro/Outubro, no hemisfério norte. Estas variedades são referidas como sendo mais produtivas, devido ao maior tempo disponível para crescimento vegetativo, entre a sementeira e a indução floral (Webber *et al.*, 2002). Em muitos ensaios de adaptação e produtividade de diferentes variedades em diferentes locais, foi observado que as variedades Tainung 2 e Everglades 41 (entre outras) pertencem a este grupo, com um ciclo de desenvolvimento que varia entre os 130 e 180 dias, dependendo da Latitude e da data de sementeira (Alexopoulou *et al.*, 2000; Bañuelos *et al.*, 2002; Belocchi *et al.*, 1998; Kipriotis *et al.*, 2007; Liu e Labuschagne, 2009; McMillin *et al.*, 1998; Meints e Smith, 2003; Webber e Bledsoe, 2002). Tipicamente, as plantas destas variedades de kenaf permanecem em crescimento vegetativo para durações do dia acima das 12,5 horas. A floração ocorre quando o fotoperíodo, em fase decrescente, desce abaixo deste valor. Este facto limita as possibilidades de produção de semente nos locais em que dias sucessivamente mais curtos estão associados a diminuições significativas da temperatura, que limitam o desenvolvimento da semente (Dempsey, 1975; Meints e Smith, 2003).

### **1.2.3 Variedades de ciclo longo**

Estas variedades, que são referidas como foto-insensitivas ou neutras, de maturação tardia, são adequadas para a cultura em regiões equatoriais, numa faixa entre os 10° Lat N e 10° Lat S. No entanto, algumas delas ainda apresentam alguma dependência do fotoperíodo para a iniciação floral, sendo, neste caso, semi-sensitivas. As cultivares Guatemala 4, Guatemala 45 e Cuba 2032 estão incluídas neste grupo. Quando estas variedades foram testadas acima dos 30° de Latitude, iniciaram a floração aos 100 dias após a sementeira, não “esperando” que a duração do dia baixasse até as 12,5 horas (Dryer, 1967; Dempsey, 1975). Esta estratégia pode ser usada para a produção de semente. No entanto a produção de biomassa e fibra é severamente afectada pela redução do período de crescimento vegetativo (Dempsey, 1975; Webber *et al.*, 2002).

## **1.3 Necessidades ecológicas e produtividade**

Para que o kenaf tenha sucesso como cultura alternativa será necessário que seja produzida uma grande quantidade de biomassa por unidade de área e de tempo, a custos mais reduzidos que os das culturas com as quais compete pelo solo e/ou pelo mercado. Para isso, é preciso conhecer em detalhe um conjunto de parâmetros, que podem influenciar de forma muito significativa a produtividade das culturas, tais como: épocas ideais de sementeira e colheita, necessidades de água e adubação azotada, escolha de variedade e densidade de sementeira (Quaranta *et al.*, 2000). Muitas variedades de kenaf foram já ensaiadas em muitas condições edafo-climáticas, em várias partes do Mundo. No entanto, é da Austrália e dos EUA e, mais recentemente, da Europa que tem emergido a maior parte do conhecimento sobre as características agronómicas e produtividade do kenaf, com realce para os trabalhos de Bañuelos *et al.* (2002), Bhardwaj *et al.*

(2005), Carberry *et al.* (1992), Carberry e Muchow (1992), McMillin *et al.* (1998), Muchow (1992), Muchow e Carberry (1993), Meints e Smith (2003), Nielsen (2004), Webber (1996), Webber e Bledsoe (2002), Wood e Muchow (1980), Wood *et al.* (1983) entre outros.

Em regime de exploração comercial, têm sido relatados rendimentos no intervalo de 9 a 22 t/ha de biomassa (peso seco). Os rendimentos mais altos foram geralmente registados quando as condições de cultivo foram melhoradas, isto é, quando se muda de locais secos de latitudes altas, para locais húmidos de latitudes mais baixas. Em áreas onde a cultura está bem adaptada, como o sudeste dos EUA, o kenaf rendeu de três a cinco vezes mais fibra por ano, do que a espécie de pinheiro que é a principal fonte de matéria-prima para a produção de fibra para pasta de papel nessa área. No sul da Europa têm sido observados valores máximos de produção de caule seco de 20 t/ha. Noutra pesquisa foi relatado até 26 t/ha de rendimento de matéria seca (Alexopoulou *et al.*, 2000; Mambelli e Grandi, 1995; Manzanares *et al.*, 1993; Petrini e Belletti, 1991; Quaranta *et al.*, 2000).

### **1.3.1 Preparação do solo e sementeira**

O kenaf pode ser cultivado com sucesso em quase todos os tipos de solo, desde solos orgânicos de turfa até solos arenosos desérticos. Embora cresça melhor em solos férteis, bem drenados, com pH neutro, o kenaf consegue suportar níveis moderados de encharcamento em fase avançada do ciclo e um intervalo alargado de valores de pH entre o moderadamente ácido e o moderadamente alcalino (Dempsey, 1975). O kenaf é moderadamente tolerante à seca e à salinidade da água de rega (Francois *et al.*, 1992). São factores muito limitantes o encharcamento do solo durante a germinação e emergência e a elevada densidade de ervas daninhas no período inicial de crescimento (Rehm e Espig, 1991).

A sementeira pode ser realizada após preparação do solo semelhante à realizada para o milho, com equipamento “standard” de sementeira em linha com características semelhantes ao utilizado para o sorgo de grão (*Sorghum bicolor* L.). As sementes são colocadas a uma profundidade até 2,5 cm e, normalmente, emergem até quatro dias após a sementeira (Webber *et al.*, 2002).

### **1.3.2 Datas de sementeira**

A época de sementeira apropriada é específica do local e está fortemente relacionada com a temperatura. A sementeira só deverá ser realizada quando a temperatura do solo exceda 12 °C, devido aos efeitos negativos que a geada pode ter nas plantas jovens (Angelini *et al.*, 1998). A temperatura de base para a germinação do kenaf é referida como estando entre 9,2 °C (Angus *et al.*, 1981) e 9,7 °C (Carberry e Abrecht, 1990). A temperatura afecta a produção de biomassa, fibra e semente e deve permanecer acima de 10 °C, durante o período de cultura, de forma a maximizar o rendimento (Meints e Smith, 2003).

### **1.3.3 Densidade de sementeira**

A densidade de sementeira é outro importante factor que pode influenciar a produção de biomassa. O kenaf compensa bem a diminuição da densidade cultural com o aumento da biomassa individual de cada planta, no intervalo entre 10 e 90 plantas/m<sup>2</sup>. No entanto, a diminuição da densidade induz a formação de ramos, o que é indesejável para a maior parte das utilizações (Muchow, 1979). A maximização da produção de biomassa parece ser conseguida no intervalo entre 18 e 37 plantas/m<sup>2</sup> (Alexopoulou *et al.*, 2000; Carberry e Muchow, 1992; Webber e Bledsoe, 2002).

### **1.3.4 Datas de colheita**

A data de colheita é fortemente dependente da utilização prevista para a biomassa. Na produção de forragem ou silagem o corte deve ser realizado cedo, entre 60 a 90 dias após a sementeira, sendo possível a realização de cortes múltiplos (Webber *et al.*, 2002). Na produção de fibra para aplicações textéis, o corte é normalmente realizado com os caules verdes, logo após o início da



floração, e transportados inteiros para processamento (Singh, s. d.). Na produção de fibra para produção de pasta de papel, painéis prensados, compósitos e biomassa para fins energéticos os caules são, normalmente, colhidos secos e moídos logo após a colheita (Webber *et al.*, 2002).

### 1.3.5 Irrigação

Muitos investigadores obtiveram resultados concordantes, indicando que a irrigação tem um efeito dominante na produção de biomassa de kenaf. Na Austrália, Carberry e Muchow (1992) obtiveram produções entre 8,3 t/ha e 25,1 t/ha de biomassa seca, em resposta a irrigação variando entre 50 mm e 1025 mm. Nos EUA, Bañuelos *et al.* (2002) e McMillin *et al.* (1998) observaram uma forte resposta de diferentes variedades de kenaf à irrigação entre 350 mm e 1450 mm, com as variedades Tainung 2 e Everglades 41 a atingirem produções máximas entre 23,4 t/ha e 25,8 t/ha de massa seca, para os valores máximos de água fornecida. Na Itália, Patanè *et al.* (2007) observaram produções entre 8 t/ha e 24 t/ha, em relação directa com fornecimentos de água entre 0% e 100% da ETp.

### 1.3.6 Adubação

Em contraste com o observado em relação à irrigação, que tem um claro efeito positivo na produção, a informação publicada em relação ao efeito da adubação azotada é contraditória. Kipriotis *et al.* (2007), Manzanares *et al.* (1997) e Patanè *et al.* (2007) não observaram nenhum efeito da adubação azotada na produção do kenaf, no intervalo entre 0 kgN/ha e 150 kgN/ha, em diferentes solos da bacia mediterrânica. Em contrapartida, Bhangoo *et al.* (1986), Kuchindra *et al.* (2001), Muchow (1992) e Webber (1996), trabalhando em condições edafo-climáticas muito diversas, relacionam positivamente a adubação azotada com a produção do kenaf, sendo esta maximizada com adições de azoto entre os 86 kgN/ha e 224 kgN/ha.

## 1.4 Cultura “multi-usos”. Porquê?

Nas últimas décadas, o kenaf tem merecido alguma atenção, devido à possibilidade de ser usada como cultura alternativa “multi-usos” (Danalatos e Archontoulis, 2010). As folhas são usadas em alguns países na alimentação humana e como forragem para o gado. A parte da planta com maior valor comercial é o caule, de onde podem ser extraídos dois tipos de fibra. Da parte exterior, liber (“bast”), podem ser extraídas fibras longas, adequadas à produção de papel de alta qualidade, cordoaria, materiais têxteis tecidos e não-tecidos e integração em compósitos. A parte interna, lenhosa (“core”), produz fibras curtas que resultam em papel de baixa qualidade e pode ser utilizada em aplicações energéticas, produção de materiais de construção, material absorvente para a cama de animais e controlo de derrames e/ou componente de misturas para cultivo de plantas (McMillin *et al.*, 1998; Nielsen, 2004; Webber, 1993; Webber e Bledsoe, 2002).

Nos tempos modernos, o kenaf foi introduzido na Europa mediterrânica no início dos anos 50 do século XX, como cultura para a produção de fibras têxteis, tendo começado a ser estudada para a produção de papel a partir dos anos 80 do mesmo século (Belocchi *et al.*, 1998). Nos primeiros anos do século XXI o interesse focalizou-se também no sector da bioenergia (Alexopoulou *et al.*, 2004).

Nos EUA, a investigação em kenaf atraiu grande interesse desde os anos quarenta do século XX. Inicialmente, o kenaf foi considerado como o mais provável substituto da juta, como fonte de fibra para a manufatura de cordame para aplicações navais e material de embalagem. Este interesse apareceu em consequência de os EUA terem perdido o acesso às fontes tradicionais dessa fibra, devido ao avanço territorial do Japão, no início da Segunda Guerra Mundial (Roseberg, 1996). Depois de terminado esse conflito, a presença norte-americana nessa região do globo foi reforçada, garantindo, dessa forma, o fornecimento dessa fibra. A partir desse momento, o kenaf começou a ser visto como uma atractiva fonte potencial de fibra, principalmente para papel de jornal e papel de alta qualidade, tendo sido lançado, nos anos cinquenta, o programa de investigação, coordenado pelo United States Department of

Agriculture (USDA), Search for New Pulp Fibers, que se estendeu até aos anos 70 e culminou com a impressão de uma edição completa do jornal Peoria Journal Star, em 1977, em papel feito exclusivamente a partir de kenaf (Taylor, 1993). Dempsey (1975) e White *et al.* (1970) fornecem informação bastante detalhada sobre os progressos da investigação em kenaf nos EUA, nesse período. Em 1986 foi lançado o projecto Kenaf Demonstration Project, com o envolvimento de numerosos investigadores da Agricultural Research Service (ARS), nomeadamente das estações do Mississippi, Oklahoma e Texas (Kalo *et al.*, 1999; Kugler, 1988).

Também tem sido estudado o eventual impacto positivo da introdução do kenaf em esquemas de rotação de culturas. Em muitas regiões dos EUA, a soja é cultivada nas mesmas áreas que são consideradas propícias para a cultura do kenaf. Um sistema de rotação soja/kenaf poderia ter vantagens a longo prazo em termos económicos e fitossanitários, caso não existam efeitos adversos na produtividade de ambas as culturas, quando em rotação. Um estudo de campo de três anos (1989 – 1991) foi realizado em Haskell, Oklahoma com o objectivo de determinar o efeito de seis rotações kenaf/soja na produtividade de ambas as culturas. Foram utilizadas as variedades “Everglades 41” (kenaf) e “Forrest” (soja). A sementeira foi sempre realizada em meados de Maio e a colheita em Outubro. Não foi realizada irrigação. Nos anos de ensaio, a precipitação ocorrida no período de cultura foi de 580 mm, 570 mm e 423 mm, para o 1º, 2º e 3º anos, respectivamente. Maio (214 mm) e Junho (143 mm) foram os meses mais chuvosos durante os ensaios de 1989. Em 1990, foram Maio (187 mm) e Setembro (213 mm). Em 1991, foram Junho (145 mm) e Setembro (135 mm). A densidade das plantas de kenaf variou entre 151000 e 420000 plantas por hectare, não tendo sido verificadas diferenças de produtividade relacionadas com este factor. Foi observada uma tendência para aumento do diâmetro na base do caule, quando a densidade das plantas era menor.

**Quadro 1.1** - Resumo dos resultados obtidos em rotações soja x kenaf (Webber, 1999)

Rotações			Produção (t/ha, peso seco)					
			1989		1990		1991	
1989	1990	1991	Soja (grão)	Kenaf (caule)	Soja (grão)	Kenaf (caule)	Soja (grão)	Kenaf (caule)
Soja	Soja	Soja	1,2	---	0,8	---	0,6	---
Soja	Soja	Kenaf	1,2	---	0,7	---	---	8,5
Soja	Kenaf	Kenaf	1,2	---	---	8,1	---	8,7
Kenaf	Kenaf	Kenaf	---	6,0	---	8,3	---	9,4
Kenaf	Kenaf	Soja	---	6,9	---	8,0	0,7	---
Kenaf	Soja	Soja	---	7,0	0,7	---	0,7	---

As produtividades de caule de kenaf e grão de soja no terceiro ano das rotações não foram significativamente diferentes entre as diversas rotações. As populações do nemátodo ectoparasita da raiz da soja *Tylenchorhynchus* spp. foram significativamente menores nos anos que se sucederam à presença de kenaf na rotação. As diferenças de produtividades entre anos dependeram da quantidade e distribuição da precipitação e não se relacionaram com a posição da cultura na rotação (Webber, 1999).

## 1.5 Principais áreas de cultivo e mercados

O kenaf foi provavelmente domesticado em África, cerca de 4000 AC (Roseberg, 1996). Ainda de seja de origem tropical, existem naturalmente, e foram desenvolvidas, variedades que se adaptam bem a um largo intervalo de condições geográficas e climáticas, que permitiram a sua introdução nos climas temperados (Meints e Smith, 2003).

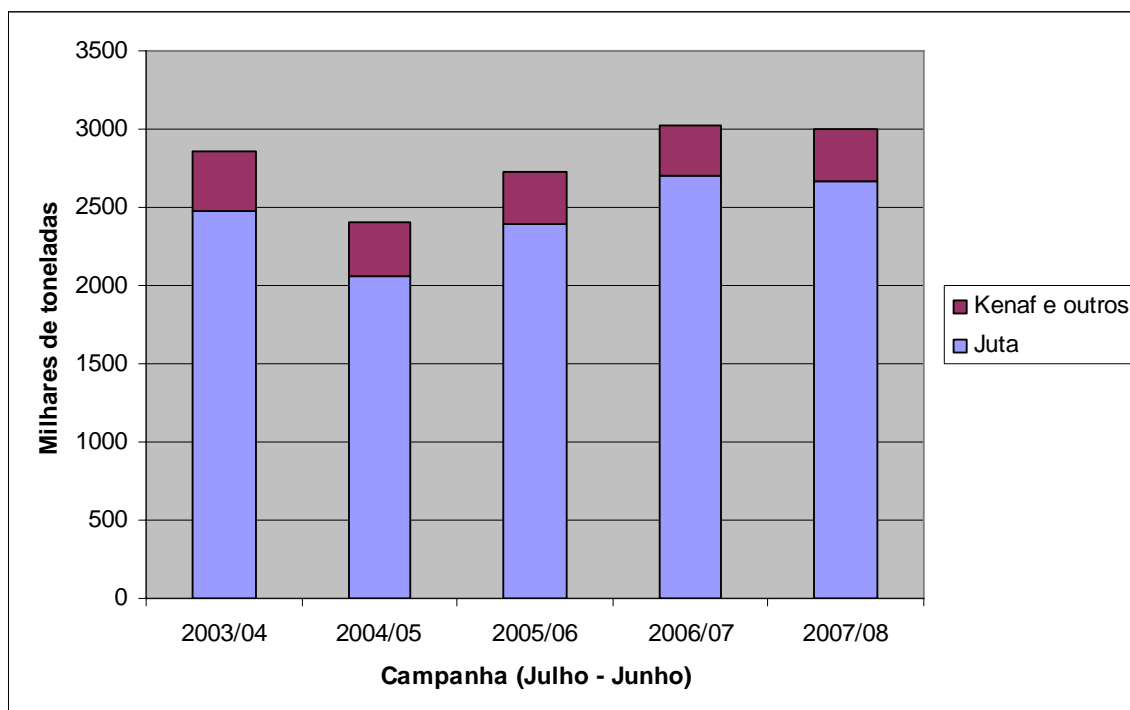
O kenaf só será bem sucedido como cultura alternativa, e será integrado num determinado esquema de rotação de culturas, se conseguir desalojar pelo menos uma das culturas tradicionais da zona em que se pretenda realizar a sua introdução. Para isso, é necessário que, do ponto de vista do agricultor, a biomassa produzida tenha uma relação benefício:custo superior à da cultura que será substituída.

Utilizando um modelo construído com base em programação linear, Kalo *et al.*, (1999) realizaram o estudo económico das alternativas de introdução do kenaf no panorama agrícola da Costa Leste da Virgínia (EUA) dos anos 90. Nas condições de base do estudo realizado, o kenaf poderia tornar-se lucrativo se o preço pago ao agricultor excedesse 75 USD por tonelada de caule seco e se a produtividade fosse consistentemente superior a 12 toneladas de caule seco por hectare, considerando uma distância de transporte da colheita até ao processador de 241 km.

Considerando como referência o ano de 1999, para que o kenaf desalojasse uma cultura de cereais ou soja, o preço por tonelada de caule teria de exceder os 120 USD, ou 100 USD, para desalojar uma cultura de hortícolas, mantendo a produtividade e a distância de transporte. Considerando o preço fixo de 75 USD por tonelada e a distância de 241 km, a produtividade teria de aumentar para 19 toneladas por hectare para desalojar uma cultura de cereais ou soja, ou para 17 toneladas por hectare para desalojar uma cultura de hortícolas. No entanto, o factor determinante para a penetração do kenaf na área estudada é a distância de transporte. O kenaf desalojaria com facilidade as culturas tradicionais de cereais, soja ou hortícolas, se a distância ao processamento não excedesse 80 km.

### 1.5.1 Produção de fibras brutas para aplicações textéis

O kenaf integra-se na mesma área de negócio em que estão a juta e outras fibras vegetais semelhantes (fibras liberianas), em conjunto com a ráfia sintética (polipropileno). Segundo um relatório recente da FAO (2009), o segmento de mercado em que se integra o kenaf é responsável pela produção e transformação de cerca de três milhões de toneladas anuais de fibra vegetal bruta, das quais cerca de 89% são produzidas a partir de juta e 11% são produzidas a partir de kenaf e plantas afins. A produção tem apresentado uma tendência de crescimento desde 2004/2005, tal como se apresenta na figura 1.5. A campanha de produção inicia-se em Julho de um ano e completa-se em Junho do ano seguinte.



**Figura 1.5** - Evolução da produção mundial de fibra bruta de juta, kenaf e plantas afins. Adaptado de FAO (2009).



A principal área geográfica produtora de juta é o Sul e Sudeste Asiático. A Índia e o Bangladesh são os maiores produtores mundiais de juta, sendo responsáveis, em conjunto, por cerca de 98% da produção mundial (quadro 1.2). Quanto ao kenaf, a sua produção está mais disseminada pelo Mundo, mas os maiores produtores são a Índia e a China que, em conjunto, são responsáveis por cerca de 70% da produção mundial (quadro 1.3). Na Tailândia, que até 2004/05 era um dos maiores produtores, a cultura do kenaf tem vindo a ser abandonada, em favor da cassava e do eucalipto.

**Quadro 1.2 - Produtores de fibra bruta de juta (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Campanha	Bangladesh	Índia	Myanmar	Nepal	Total
2003/04	963,00	1453,00	42,00	17,04	2475,04
2004/05	810,00	1193,60	33,63	16,89	2054,12
2005/06	965,00	1377,00	36,89	17,66	2396,55
2006/07	990,00	1656,00	43,60	17,10	2706,70
2007/08	990,00	1642,30	19,10	16,80	2668,20
2008/09	831,96	1356,00	12,90		

**Quadro 1.3 - Maiores produtores mundiais de fibra bruta de kenaf (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Campanha	China	Índia	Indonésia	Tailândia	Vietnam	Brasil	Cuba	África	Des. <sup>(1)</sup>	Outros <sup>(2)</sup>	Total
2003/04	99,78	167,0	7,00	41,33	12,50	10,50	10,00	12,70	7,00	9,48	377,29
2004/05	86,92	156,4	7,00	35,66	14,20	12,65	10,00	13,20	7,00	8,80	351,83
2005/06	82,82	153,0	7,00	4,60	15,00	26,10	10,00	13,19	7,00	8,87	327,58
2006/07	86,80	144,0	3,10	3,60	10,60	25,95	10,00	13,29	7,00	10,06	314,40
2007/08	86,80	139,7	4,00	2,20	31,00	25,66	10,00	13,29	7,00	9,47	329,12
2008/09		120,0	4,00						7,00		

<sup>(1)</sup> A coluna “Des.” inclui a produção dos países desenvolvidos (EUA, Europa, Austrália e Japão, essencialmente).

<sup>(2)</sup> A coluna “Outros” inclui todos os países ou regiões cuja produção anual é inferior a 2000 toneladas.

### 1.5.2 Mercado internacional de fibra bruta para aplicações textéis

Embora a produção mundial deste tipo de fibras ronde os três milhões de toneladas por campanha, o mercado exportador de fibra bruta é relativamente pequeno, não ultrapassando as quinhentas mil toneladas. O Bangladesh é o exportador quase exclusivo de fibra bruta e detém o domínio, actualmente, de cerca de 99% do mercado (quadro 1.4). A fibra bruta de juta, kenaf e afins é exportada para todo o Mundo. No entanto, os principais mercados importadores estão dentro da zona de produção, ou são limítrofes desta. Índia, China e Paquistão são os principais importadores e, em conjunto, absorvem cerca de 80% da fibra exportada anualmente (quadro 1.5).

**Quadro 1.4 - Maiores exportadores mundiais de fibra bruta de juta, kenaf e afins (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Campanha	Juta				Kenaf e afins				Total juta + kenaf
	Bangladesh	Myanmar	Outros	Total juta	China	Tailândia	Outros	Total kenaf	
2003/04	342,9	16,9	0,2	360,0	1,0	1,1	1,2	3,3	363,3
2004/05	306,7	13,7	3,0	323,4	0,6	1,0	1,4	3,0	326,4
2005/06	440,5	5,6	3,7	449,8	0,3	1,1	1,2	2,6	452,4
2006/07	439,7	9,0	2,2	450,9	0,1	0,0	1,3	1,4	452,3
2007/08	495,0	0,0	3,3	498,3	0,2	0,0	1,3	1,5	499,8

**Quadro 1.5 - Maiores importadores mundiais de fibra bruta de juta, kenaf e afins (Valores anuais em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Ano	Costa do Marfim	Etiópia	China	Índia	Paquistão	Tailândia	UE (27)	ex-URSS	Outros	Total
2003	15,2	5,4	34,3	144,2	89,2	36,7	17,6	5,6	37,3	385,5
2004	6,9	5,0	65,1	62,3	129,4	17,6	15,1	4,2	25,7	331,3
2005	12,9	5,0	82,2	97,5	128,5	6,3	14,9	3,4	29,4	380,1
2006	12,0	5,0	88,6	60,3	115,8	15,6	13,0	3,2	29,5	343,0
2007	7,5	5,0	125,7	162,7	126,4	23,3	20,7	9,0	32,4	512,7
2008	12,7			68,7	143,6		21,0	11,7		

O mercado internacional de fibra bruta ultrapassou as quinhentas mil toneladas em 2007, devido ao aumento sustentado da procura na China e aos aumentos pontuais verificados na Índia e em praticamente todos os importadores tradicionais. O caso chinês é único, uma vez que as suas importações quase quadruplicaram desde 2003.

### 1.5.3 Produção e mercado internacional de produtos manufacturados

Os principais produtos resultantes da fiação e tecelagem da fibra de juta e kenaf são os seguintes, em terminologia usual de origem anglo-saxónica (FAO, 2009):

*Yarn* – Fio primário e fio para tecer, resultante da fiação da fibra e que é a matéria-prima para os restantes produtos de tecelagem e cordoaria. Pode ser tingido ou sofrer tratamento físico-químico, em função dos fins a que se destina;

*Twine, Rope, Cordage* – Produtos de cordoaria. Fio, cordel, corda e cablagem, obtidos por torção de um ou mais feixes de fio primário, de diversas espessuras e que podem ter, ou não, tratamento físico-químico prévio, ou de acabamento, de impermeabilização e/ou estabilização estrutural;

*Hessian, Burlap* – tecido de serapilheira de tecelagem simples “plain weave”. A terminologia *Burlap* é normalmente usada para tecidos de textura mais grosseira;

*Sacking* – em sentido estrito, significa tela de serapilheira para a fabricação de sacos. Em sentido lato, inclui também os sacos acabados;

*Gunny bags* – Sacos de serapilheira;

*Carpet backing* – Tela para base de tapeçaria, como a utilizada nos tapetes de Arraiolos;

*Twills* – Tecido de tecelagem cruzada, que resulta num padrão estrutural diagonal, como a usada na sarja de algodão;

*Tow* – Estopa. Resíduo resultante do processamento primário da fibra (espadanagem e ripagem). A estopa pode ser fiada para produção de artigos de qualidade inferior.

O mercado exportador de produtos manufacturados de fibra de juta e kenaf ronda as oitocentas mil toneladas anuais e é claramente dominado pela Índia e Bangladesh que, em conjunto, são responsáveis por mais de 85% das exportações realizadas anualmente (quadro 1.6). Nestes valores não está incluída a exportação indirecta de sacos, “big-bags” e outros tipos de embalagem fabricada em fibra de juta e kenaf, que é realizada em conjunto com as mercadorias neles contidas, entre as quais se podem citar o café, a batata, os cereais e leguminosas secas, entre outros. Muitas destas embalagens são reutilizadas diversas vezes nos mercados internos, pelo que o volume de produtos de fibra de juta e kenaf em circulação mundial é significativamente superior aos valores indicados para a exportação directa. De entre os países referidos no relatório da FAO (2009), aquele para o qual existem estatísticas mais completas é a Índia, que é o maior produtor e importador mundial de fibra bruta. A Índia é também o país com a maior indústria de transformação primária de fibra e o maior mercado para os seus produtos manufacturados. A exportação da Índia é equivalente a cerca de 12% da sua produção, sendo o restante utilizado na satisfação completa do mercado interno (quadro 1.7). O fio primário (*yarn*)

não está indicado no quadro da produção, mas é a mercadoria produzida em maior quantidade, uma vez que todas as outras a utilizam como matéria-prima. O tipo de material mais produzido é a sacaria e o mais exportado é o fio primário. Os produtos manufacturados de fibra de juta e kenaf são exportados para praticamente todos os países do Mundo, onde são comercializados internamente e introduzidos em várias actividades dos sectores agrícola e comercial, como material de embalagem, ou utilizados como matéria-prima em diversos sectores industriais, tais como cordoaria, artesanato, tapeçaria, decoração, vestuário, calçado e adereços de moda. Alguns dos produtos resultantes de transformação secundária e parte do material de embalagem são re-exportados. O Médio Oriente, Turquia, União Europeia e Estados Unidos da América são os destinos principais das exportações (quadro 1.8). O mercado apresenta uma tendência de crescimento, sendo de realçar a posição da Turquia, cujas importações quase duplicaram desde 2003. Na Rússia e repúblicas da ex-URSS a procura quase quadruplicou, assim como a procura disseminada pelos pequenos importadores, que duplicou. Na União Europeia, EUA e países desenvolvidos tem-se verificado uma tendência decrescente das importações. Nestes países o polipropileno (ráfia sintética) tem progressivamente ganho o mercado da embalagem de produtos agrícolas (sacaria).

**Quadro 1.6 - Maiores exportadores mundiais de produtos manufacturados de fibra de juta, kenaf e afins (Valores anuais em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Ano	Bangladesh	China	Índia	Nepal	Paquistão	Tailândia	UE (27)	Outros	Total
2003	391,9	15,9	243,8	10,0	9,1	7,9	39,0	11,9	729,5
2004	439,4	16,1	193,0	13,0	14,5	6,3	52,4	13,4	748,1
2005	476,0	7,6	208,1	13,0	18,9	6,3	55,6	14,8	800,3
2006	478,9	18,5	189,5	13,0	17,1	3,4	42,2	11,5	774,1
2007	549,7	21,1	175,6	13,0	15,1	2,8	41,1	14,3	832,7
2008		22,0	207,6	13,0	10,0	1,5	21,1		

**Quadro 1.7 - Produção e exportação anuais de produtos manufacturados de fibra de juta, kenaf e afins da Índia (Valores anuais em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Ano	Produção					Exportação					
	Hessian	Sacking	Carp. back.	ñ especific.	total prod.	Yarn	Hessian	Sacking	Carp. back.	ñ especific.	total exp.
2004	297,8	953,5	3,4	293,3	1548,0	97,5	55,3	21,7	2,4	16,1	193,0
2005	326,1	1004,1	5,8	266,4	1602,4	85,3	77,2	31,2		14,4	208,1
2006	303,9	1057,2	3,6	256,3	1621,0	83,8	65,3	30,2		10,2	189,5
2007	284,2	940,4	4,4	238,9	1467,9	77,1	59,5	27,1		11,9	175,6
2008	304,7	1080,0	5,0	265,0	1654,7	89,5	59,0	46,9		12,2	207,6

“Sacking” inclui sacaria acabada. Para os anos 2005 e seguintes não foi disponibilizado o valor correspondente às exportações de “Carpet backing”.

**Quadro 1.8 - Maiores importadores mundiais de produtos manufacturados de fibra de juta, kenaf e afins (Valores em milhares de toneladas). Adaptado de FAO (2009)**

Ano	Gana	Irão	Arábia Saud.	Síria	Turquia	EUA	UE (27)	ex-URSS	Austrália	Japão	Am. Lat.	Outros	Total
2003	10,3	63,1	15,2	80,0	78,1	51,9	173,9	5,6	28,0	19,1	10,5	193,8	729,5
2004	14,6	68,2	16,5	30,8	108,5	55,4	154,3	8,3	25,4	17,8	9,2	239,1	748,1
2005	4,7	75,1	18,7	42,3	101,2	54,7	147,9	8,5	28,7	17,3	9,8	291,4	800,3
2006	19,8		18,9	53,7	127,9	46,5	135,4	12,5	23,3	14,5	11,9	309,7	774,1
2007	14,2		19,3	39,7	125,1	42,4	131,1	17,1	23,6	13,6	12,3	394,3	832,7
2008					148,3	37,2	125,1	19,2	10,0				

Para os anos 2006 e seguintes não foi disponibilizado o valor correspondente às importações do Irão. Para o ano de 2008 ainda não existiam os valores de alguns países. A coluna “Outros” inclui todos os países cujas importações foram sempre inferiores a dez mil toneladas anuais.

### 1.5.4 Preços para aplicações textéis

Existe um valor acrescentado muito significativo associado à fileira das fibras vegetais de juta, kenaf e afins. No quadro 1.9 apresentam-se os valores médios praticados à produção em diversos países, em USD por tonelada, calculados ao câmbio da moeda local à data da transacção. Apresenta-se, também, o valor praticado à exportação de fibra bruta do Bangladesh e os valores estimados dos produtos manufacturados exportados da Índia. Na produção, os custos de transporte da fibra até ao receptor correm por conta do vendedor. Na exportação, os valores apresentados dizem respeito a contratos *f.o.b.* (*free on board*). O contrato *f.o.b.* é um tipo de contrato utilizado em expedição de mercadorias por via marítima, segundo o qual, a responsabilidade do vendedor cessa assim que o produto é colocado a bordo do navio que vai realizar o transporte para fora das fronteiras do país exportador. O vendedor é responsável pelo transporte das mercadorias até ao porto de carga, pela resolução de todos os aspectos burocráticos relacionados com a exportação e pela sua colocação a bordo. Uma vez a bordo do navio, toda a responsabilidade pelo transporte, segurança e aspectos fiscais da carga corre por conta do comprador, até ao seu destino final. Verifica-se que, nos últimos anos, tem existido uma tendência para o aumento do preço pago pela fibra bruta aos agricultores indianos, o que também se verifica nos preços à exportação de fibra do Bangladesh e dos produtos manufacturados da Índia. O fio para tecer é o produto cujo preço tem evoluído de forma mais sustentada, desde o início da década. Nos anos em que é possível a comparação, verifica-se que os agricultores indianos são mais bem remunerados que os seus concorrentes do Bangladesh, o que é compreensível, uma vez que a Índia é importadora líquida de fibra bruta e o Bangladesh o seu principal fornecedor. Portanto, no mercado interno indiano, o preço de referência à produção é condicionado pelo preço pago na importação. Na Tailândia, o preço pago ao produtor de fibra de kenaf sofreu alguma erosão, quando comparado com o que é pago ao produtor indiano de fibra de juta.

**Quadro 1.9** - Preços à produção e à exportação da fibra bruta em alguns dos maiores produtores. Preços à exportação de produtos manufacturados na Índia. Preços médios da campanha (Valores em USD por tonelada, f. o. b.). Adaptado de FAO (2009)

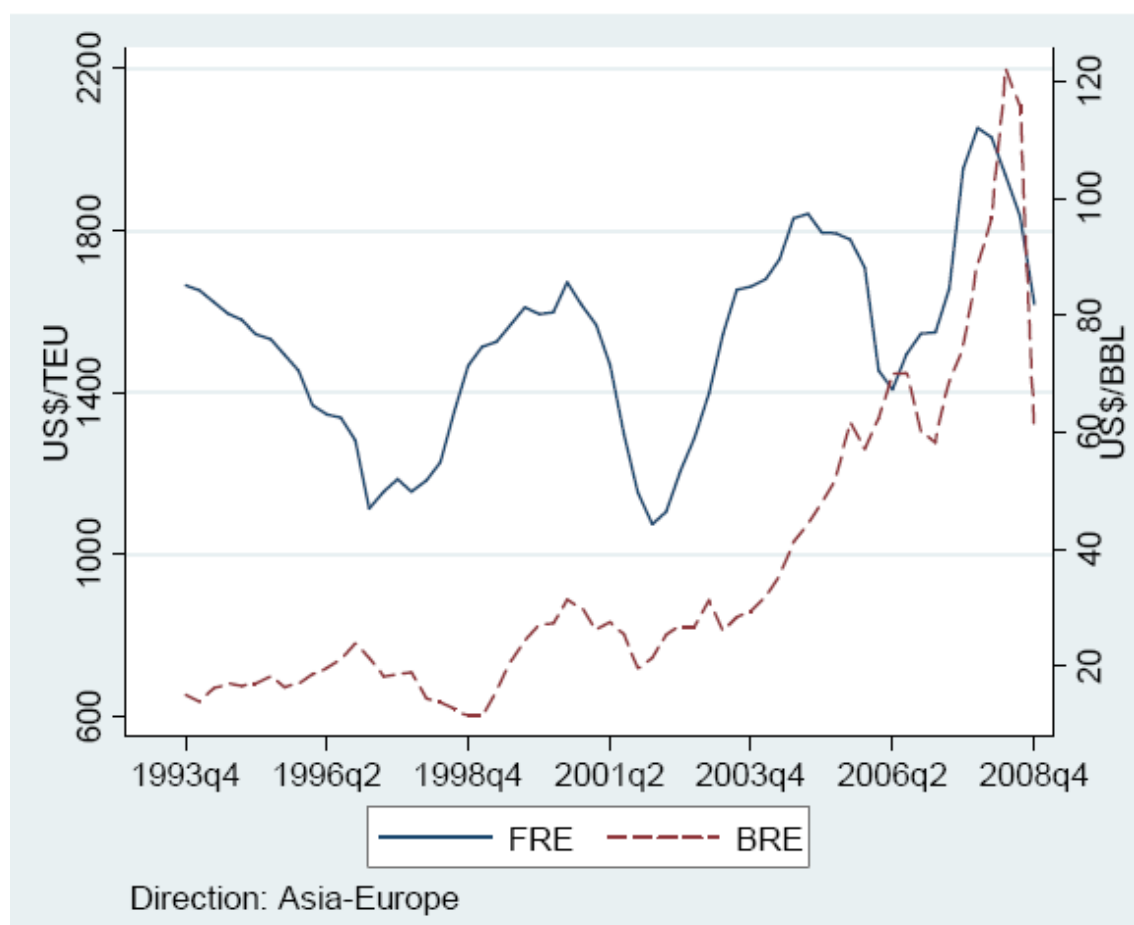
Campanha	Preços à produção			Preços à exportação				
	Bangladesh	Índia	Tailândia	Bangladesh		Índia		
	Juta	Juta	Kenaf	BWC	BWD	Yarn	Hessian	Sacking
2001/02	211,56	226,13	163,75	367,20	345,90	592,34	753,42	840,00
2002/03	145,90	178,59	164,31	238,90	236,50	605,92	735,36	764,46
2003/04	156,58	180,07	188,22	273,80	255,00	610,21	758,48	662,82
2004/05		267,99	150,60	378,00	358,00	633,43	679,82	605,47
2005/06		322,12	186,30	421,50	396,50	776,28	697,52	609,69
2006/07		287,99		365,00	333,00	793,40	733,21	723,47
2007/08		300,60		422,90	382,90	797,79	1037,71	751,66
2008/09		350,10		564,60	516,70			

BWC e BWD são duas classes de qualidade da fibra bruta exportada pelo Bangladesh.

Na Índia, a fibra de kenaf é paga ao produtor a um preço inferior ao da fibra de juta, por razões que se prendem, essencialmente, com a fragilidade negocial por parte dos agricultores. Em termos qualitativos, em comparação com a juta, a fibra de kenaf é mais curta, menos flexível, mais forte, mais lustrosa e mais durável. Em termos industriais, a fibra de kenaf é correntemente misturada com a fibra de juta, na produção de alguns tipos de tecidos de serapilheira, nos quais o preço e as características do kenaf se tornam favoráveis (Singh, sd). Os valores pagos ao agricultor correspondem a fibra bruta, seca ao sol, apresentando um teor de humidade de cerca de 15%. Nestas condições, a produção típica é de cerca de duas toneladas por hectare (juta ou kenaf), pelo que, na campanha de 2008/2009, a receita bruta média de um produtor indiano foi de cerca de 700 USD por hectare. A esta receita acresce o valor que possa ser atribuído à parte

lenhosa dos caules, que ficam em poder do agricultor. Como se mostra na figura 1.6, para preços do petróleo (Brent) superiores a 60 USD/barril, o custo de transporte de contentores na rota Ásia-Europa variou entre 1400 e 2000 USD/TEU (UNCTAD, 2010). TEU (Twenty-foot Equivalent Unit) é a unidade padrão para transporte marítimo de contentores e corresponde a um contentor com cerca de 6,1 m de comprimento, por 2,4 m de largura, por 2,6 m de altura, com um volume interno útil de 33,2 m<sup>3</sup> e uma capacidade de carga máxima de 21759 kg.

A fibra de juta ou kenaf enfardada tem um factor de carga de cerca de 2,5 m<sup>3</sup>/t, resultando que, num contentor, se pode transportar cerca de 13 toneladas. Desta forma, pode estimar-se que os custos de transporte agravarão o preço da fibra num valor que andarà entre os 100 e os 150 USD por tonelada. Na eventualidade da produção em Portugal, um agricultor português poderia aspirar a um valor superior. Uma indústria nacional, utilizadora deste tipo de fibra, teria de a importar do Bangladesh, a um preço não inferior a 500.00 USD por tonelada (*f.o.b.*) e suportando todos os custos da importação desde aquele país. Assim, se o produtor nacional conseguisse colocar “à porta” da instalação industrial um produto de qualidade semelhante, ao preço de 600 USD por tonelada, seria competitivo com o produto importado. Nestas condições, a receita bruta da venda da fibra seria de cerca de 1200 USD por hectare, considerando uma produção de fibra para venda de duas toneladas por hectare, com cerca de 15% de humidade. Da extracção desta quantidade de fibra resulta um valor nunca inferior a cinco toneladas (massa seca) de material lenhoso do caule, que pode ter aproveitamento energético. Depois de moída e transformada em *pellets*, para uso em sistemas de combustão, esta biomassa pode atingir uma valorização de cerca de 200 € por tonelada (PVP).



**Figura 1.6** - Evolução dos preços do petróleo (Brent, BRE) e dos custos de transporte de contentores por via marítima (FRE), entre a Ásia e a Europa (UNCTAD, 2010).

### 1.5.5 Papel e pasta de papel

Durante nove décimos da sua história, o papel foi feito quase exclusivamente a partir de fibras vegetais não lenhosas (Atchinson e McGovern, 1983). O processamento de fibras não lenhosas foi, em tempos, a maior fonte de papel. Mesmo hoje, as produções combinadas de pasta da Índia e da China, a partir de materiais não lenhosos, excedem toda a produção mundial a partir de madeira (Han *et al.*, 1999).

A produtividade do kenaf é favorável, quando comparada com a das espécies normalmente usadas na indústria papelreira, nos EUA. Uma produtividade média de 17,8 toneladas por hectare e por ano pode ser conseguida com kenaf, versus 2,2 obtidas em exploração florestal (“south pine”) (Han *et al.*, 1995).

Han *et al.* (1999) testaram diferentes variedades de kenaf, em diferentes condições de processamento pelo método do  $\text{Na}_2\text{S}$ - $\text{NaOH}$ . As principais conclusões obtidas foram:

- O papel produzido a partir da casca apresenta propriedades físicas diferentes do papel produzido a partir do cerne;
- O papel produzido a partir do cerne é mais fino e macio que o papel produzido a partir da casca;
- O papel produzido a partir da casca apresenta maior resistência à ruptura que o papel produzido a partir do cerne;
- Devido às suas diferentes características físicas, devem ser desenvolvidos mercados diferentes para os produtos produzidos a partir da casca ou do cerne de kenaf, preferencialmente a produzir papel a partir de mistura. A opção por diferentes mercados poderá aumentar a competitividade do kenaf como matéria-prima alternativa para a indústria do papel;
- As condições mínimas adequadas à produção de papel de kenaf de boa qualidade, pelo processo do  $\text{Na}_2\text{S}$ - $\text{NaOH}$ , são 20%  $\text{Na}_2\text{S}$  e 16%  $\text{NaOH}$ . Para valores inferiores, não é possível produzir papel de escrita de boa qualidade, a não ser que sejam usadas temperaturas superiores e processamento mecânico mais vigoroso.

Han *et al.* (1999) fazem uma análise das vantagens e desvantagens da utilização de kenaf na indústria papelreira e concluem o seguinte: “A cultura do kenaf implica uma maior intensidade de trabalho que a exploração florestal. Adicionalmente, o kenaf é mais vulnerável à seca e às infestações. Em bruto, o kenaf apresenta uma relação massa/volume baixa, tornando os custos de transporte mais altos. O preço do Kenaf é mais variável que o preço da madeira, porque a sua produção é sazonal. No caso de ser necessária a separação entre as fibras da casca e do cerne, torna-se necessária mais uma etapa de processamento. Por último, A fibra de kenaf degrada-se com facilidade durante o armazenamento. Uma maior eficiência na produção de pasta de kenaf poderia ser conseguida através da intensificação da mecanização agrícola, compressão da biomassa para redução do volume e introdução de métodos eficazes de conservação durante o armazenamento. Outra barreira ao crescimento da utilização de Kenaf na indústria de pasta reside na configuração das instalações industriais existentes. Estas foram optimizadas para a utilização de madeira, o que tornaria necessária a sua reconfiguração para a utilização de kenaf. Isto é especialmente importante no que diz respeito à desidratação da pasta. A não ser que existam significativos incentivos económicos, é muito pouco provável que a indústria privada incorra nos custos necessários a essas modificações.”

No caso português, a comparação das produtividades tem de ser realizada com o eucalipto. Entre 2002 e 2006, as empresas associadas da CELPA foram responsáveis pela administração directa de uma área média de 169165 ha de plantações de eucalipto. No mesmo período de tempo foi cortada uma área média de 13416 ha/ano, que produziu uma média anual de 110 m<sup>3</sup> de rolaria com casca por ha de área cortada (CELPA, 2007). Considerando a relação existente entre a área total de plantação e a área cortada, verifica-se que a produtividade média anual não excedeu o valor de 9 m<sup>3</sup>/(ha.ano), o que resulta numa produção média anual de massa seca em

torno das 6 t/ha. A produção comercial de kenaf citada na bibliografia está entre as 9 e as 20 t/ha, o que se compara favoravelmente com o valor encontrado para o eucalipto. Acresce que, na produção de kenaf, o solo só está ocupado pela cultura apenas durante seis a sete meses.

### 1.5.6 Prensados e compósitos

Xu *et al.* (2004) testaram a produção de painéis de prensado de partículas de caule interno de kenaf (“core”) por injeção de vapor. A densidade dos painéis variou entre 0,10 e 0,30 g/cm<sup>3</sup>. A pressão de vapor usada foi de 1,0 MPa durante 7 ou 10 minutos. Não foram usados quaisquer produtos como resinas, colas ou aglomerantes. Os resultados obtidos mostraram que os painéis produzidos tinham boas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional, considerando a sua densidade. O painel de densidade 0,20 g/cm<sup>3</sup>, produzido com o tempo de tratamento de 10 minutos, tinha as seguintes características:

- módulo de ruptura, 1,1 MPa;
- módulo de elasticidade, 0,3 GPa;
- força de ligação interna, 0,1 MPa;
- alteração da espessura por imersão em água durante 24 h, 6,6%;
- absorção de água, 355% (em massa, relativo ao peso seco).

A condutividade térmica dos painéis apresentou valores semelhantes aos de outros materiais isolantes, tais como lã de rocha, e o coeficiente de absorção sonora obtido foi elevado. A isto associa-se a vantagem de que os painéis produzidos segundo esta técnica são livres de emissões de formaldeído. Desta forma, o kenaf parece ser uma boa matéria-prima para a produção de painéis de prensado de partículas, apropriados para uso interior.

Ainda que os compósitos de fibras lenho-celulósicas e termoplásticos sejam já usadas há várias décadas, recentes alterações das conjunturas ambiental e económica resultaram em vantagens, que intensificaram a procura deste tipo de materiais, e a expansão das suas aplicações. As fibras do liber de kenaf têm excelentes propriedades específicas e têm um grande potencial de utilização como agentes reforçadores nos plásticos (Feng *et al.*, 2004)

Karnani *et al.* (2004) estudaram a preparação de compósitos de propileno com fibras lenho-celulósicas de kenaf, pelo processo de extrusão reactiva, no qual uma boa adesão fibra-plástico é conseguida pela combinação de métodos de modificação da fibra e da matriz de polipropileno. O objectivo foi demonstrar que as reacções que, desta forma, ocorrem entre a superfície da fibra e as cadeias do polímero contribuem para melhorar significativamente a adesão entre os dois materiais, em comparação com a sua simples mistura, uma vez que as modificações da fibra e do polímero facilitam o estabelecimento de novas ligações covalentes fibra-polímero. A matriz de polipropileno foi modificada por reacção com anidrido maleico e, posteriormente, ligada à superfície do componente lenho-celulósico modificado *in-situ*. A superfície da fibra foi modificada através da reacção com um silano em ambiente reaccional aquoso, semelhante ao utilizado na produção de fibra de vidro. As fibras modificadas foram, então, extrudidas em conjunto com a matriz modificada do polímero para formar o compósito. O compósito assim produzido foi moldado por injeção para a obtenção de peças para caracterização mecânica. Foram realizados testes típicos de resistência ao esforço, impacto e dureza que confirmaram as características superiores dos materiais.

Dansiri *et al.* (2004) estudaram a incorporação de fibra de kenaf numa matriz de resina de polibenzoxazina (PBZX) para formar um compósito unidireccional reforçado, contendo 20% (em massa) de fibra vegetal. O processo usado foi a moldagem por transferência de resina. As resinas usadas eram constituídas por uma mistura de dois tipos de monómeros de benzoxazina: baseados em bisfenol-A/anilina (BA-a) ou baseados em fenol/anilina (Ph-a). Foram estudados os efeitos da variação da razão BA-a:Ph-a e das condições de cura nas características mecânicas da resina pura e dos compósitos PBZX-kenaf. A força de flexão da resina pura aumenta significativamente quando aumentam a razão BA-a:Ph-a e a temperatura e tempo de cura. No

entanto, a resistência ao impacto aumenta só ligeiramente. A resina de PBZX absorve menos água e tem um módulo de flexão mais elevado quando comparada com uma resina de poliéster não-saturado (UPE). Os compósitos PBZX-kenaf, com 20% de fibra vegetal, têm menores forças de flexão e impacto, mas os valores dos módulos são mais altos, quando comparados com compósitos UPE-kenaf com o mesmo teor de fibra.

Feng *et al.* (2004) concluem que o uso de polipropilenos tratados com anidrido maleico (MAPP) é importante, porque melhora a compatibilidade entre a fibra e a matriz. Uma melhoria muito significativa na resistência ao impacto é verificada quando são usados MAPP nos compósitos. Os resultados obtidos indicam, ainda, que o uso de um agente ligante melhora as propriedades térmicas e mecânicas dos compósitos.

### **1.5.7 Forragem**

Ainda que o kenaf seja considerada uma cultura para produção de fibra, a parte aérea da planta também pode ser usada para alimentação animal e alguns trabalhos já publicados indicam que o seu teor em proteína é elevado. O teor de proteína bruta nas folhas varia entre 14% e 34% e, considerando a totalidade da parte aérea, os valores variam entre 6% e 23%, em função da idade da planta (Clark and Wolff, 1969; Killinger, 1969; Suriyajantratong *et al.*, 1973; Swingle *et al.*, 1978; Webber, 1993). O kenaf pode ser oferecido aos animais fresco, na forma de silagem ou transformado em farinha, como constituinte de rações compostas. A digestibilidade da matéria seca varia entre 53% e 58% e a da proteína bruta entre 59% e 71% (Wing, 1967; Suriyajantratong *et al.*, 1973; Swingle *et al.*, 1978). Farinha de kenaf, usada como suplemento de palha de arroz comparou-se favoravelmente com uma ração à base de luzerna. Kenaf freco, com 29% de matéria seca, 15,5% de proteína bruta e 25% de fibra ADF, foi considerado adequado para a alimentação de cabritos para a produção de carne (Wildeus *et al.*, 1995).

## **1.6 Hipótese de trabalho**

Os resultados apresentados nesta dissertação foram obtidos no decurso da participação da FCT/UNL do projecto financiado pela União Europeia QLK5 CT2002 01729 - Biomass Production Chain and Growth Simulation Model for Kenaf - BIOKENAF.

No âmbito da participação portuguesa neste projecto, foram instalados em 2003, em terrenos da FCT, vários campos de testes, onde se procedeu à cultura experimental de Kenaf durante os anos de 2003, 2004, 2005 e 2006. O objectivo dos ensaios foi a avaliação da quantidade e qualidade da biomassa produzida, em função das alterações das condições de cultura (data de sementeira, densidade cultural, adubação azotada e irrigação) e da variedade cultural (Everglades 41 ou Tainung 2).

De acordo com o trabalho programado e como parte integrante dos objectivos do projecto citado, pode definir-se a seguinte hipótese de trabalho para esta dissertação:

*A cultura de algumas variedades culturais de Kenaf pode ser realizada em Portugal, com níveis de produção e partição relativa da biomassa semelhantes aos referidos na bibliografia para outras regiões do mundo, onde esta planta já é explorada comercialmente. Mais especificamente, é possível definir condições de cultura (data de sementeira, densidade cultural, adubação azotada e irrigação) que permitem a maximização da produção de caule, considerando as características edafo-climáticas da área onde se situa o Campus da FCT/UNL, que correspondem a um Cambissolo cálcico (solo calcáreo pardo de margas - Pcs) e clima temperado com verão seco e quente - Csa.*



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Localização dos campos de teste

Os ensaios de campo foram realizados num terreno que ocupa uma área de cerca de 3000 m<sup>2</sup>, situado na margem sul do rio Tejo, na freguesia da Caparica, junto ao limite com a freguesia da Trafaria, no Concelho de Almada, na zona Noroeste da Península de Setúbal (figuras 2.1, 2.2 e 2.3). As coordenadas e a altitude média do ponto designado por “FCT Campo Kenaf”, que se encontra assinalado na composição de fotografias aéreas que é apresentada nas figuras 2.1 e 2.3, são as seguintes:

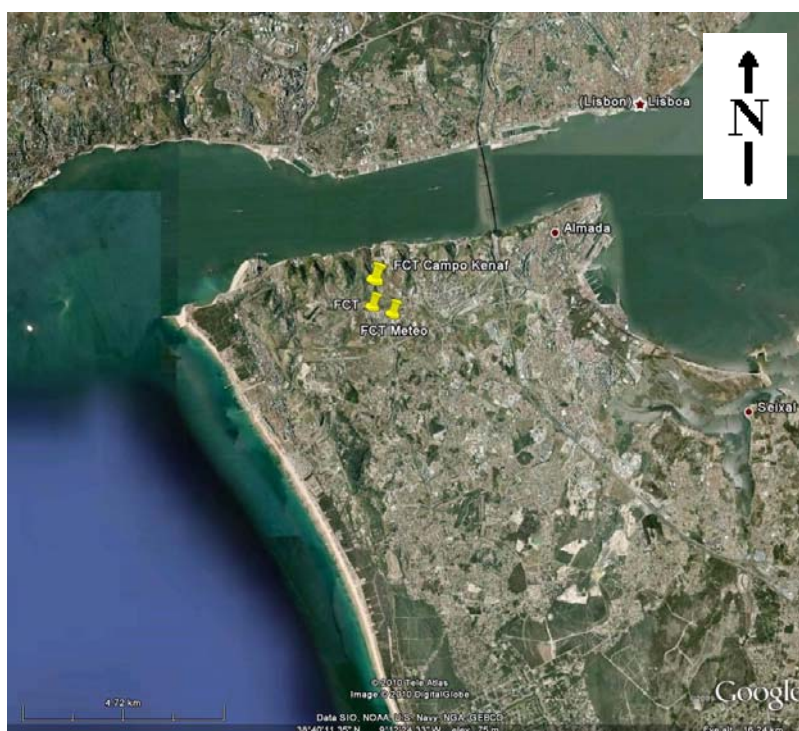
Latitude: 38° 40' 03,39" N

Longitude: 09° 12' 27,67" W

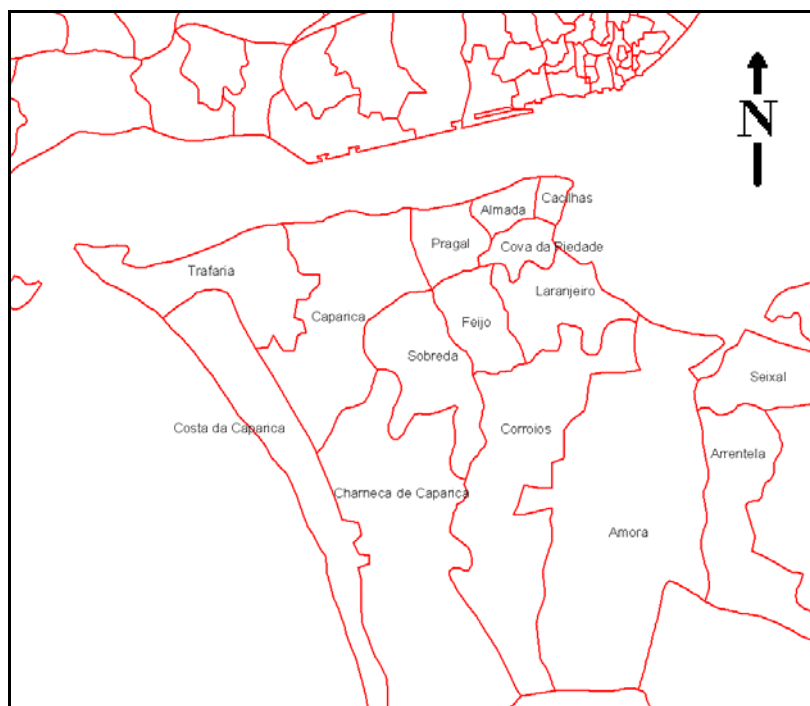
Altitude média: cerca de 85 metros acima do nível médio do mar.

Estes valores são os fornecidos automaticamente pelo “software” Google™ Earth (<http://earth.google.com>). No entanto, pela observação da Carta Militar 1:25000, série M888, folha nº 442, do Instituto Geográfico do Exército, (IGeoE, <http://www.igeoe.pt>), verifica-se que a altitude estará entre os 90 e os 95 metros acima do nível médio do mar.

Estes terrenos estão incluídos numa propriedade mais extensa, sob a administração da Reitoria da Universidade Nova de Lisboa, onde estão também instalados a Residência Universitária Fraústo da Silva, o Circuito de Manutenção e os Viveiros da UNL.



**Figura 2.1** - Localização dos campos de ensaio (FCT Campo Kenaf), Edifício Departamental (FCT) e Estação Meteorológica (FCT Meteo) na zona Noroeste da Península de Setúbal. Fonte: Google™ Earth (<http://earth.google.com>)



**Figura 2.2** - Divisão administrativa (freguesias) da zona noroeste da Península de Setúbal.  
 Fonte: Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente, (<http://www.iambiente.pt>)



**Figura 2.3** - Pormenor da localização do terreno onde foram realizados os ensaios de campo.  
 Fonte: Google<sup>TM</sup> Earth, (<http://earth.google.com>)

## 2.2 Desenho experimental

Foram realizados dois conjuntos de ensaios. No primeiro, foi investigada a influência da data de sementeira (S), variedade (V) e densidade de sementeira (D). Os campos deste conjunto de ensaios foram designados campos **SVD**. No segundo, foi investigada a influência da adubação azotada (N) e da irrigação (I). Os campos deste conjunto de ensaios foram designados campos **NI**. Para ambos os conjuntos de ensaios determinou-se a partição da biomassa aérea entre as suas componentes principais (folhas e caule). Para o caule, é também realizada a divisão entre casca ou liber (bast) e caule interno ou cerne (core). Os valores da produção de biomassa são apresentados em tonelada por hectare (t/ha), em função da data de amostragem, a que corresponde:

- a idade cultural, em dias após a sementeira (DAS);
- a idade térmica após a sementeira (ITAS), em grau-dia de crescimento acima da temperatura-base de 10°C (GDC);
- a radiação global acumulada após a sementeira (RGAc), em kWh/m<sup>2</sup>;
- a evapotranspiração potencial de referência acumulada após a sementeira (ETp), em mm.
- a água fornecida pela rega e pela precipitação, em mm.

### 2.2.1 Campos SVD

Nos campos SVD, foram testadas, em cada ano, duas datas de sementeira, duas variedades de kenaf e duas densidades de sementeira. Estes ensaios foram realizados nos anos 2003, 2004 e 2005, tendo as datas de sementeira variado entre os anos. A adubação aplicada e a irrigação foram mantidas constantes, com as características:

#### Adubação:

N – 75 kg N/ha

P – 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (100% à sementeira)

K – 120 kg K<sub>2</sub>O/ha (100% à sementeira)

A adubação azotada foi repartida por duas aplicações, 50% à sementeira e 50% em cobertura, 30 dias após a sementeira (DAS). Na adubação à sementeira, o azoto foi fornecido na forma amoniacal (sulfato de amónio) ou amídica (ureia). Na adubação de cobertura, o azoto foi fornecido na forma de nitrato de amónio.

#### Irrigação:

Todos os campos foram plenamente irrigados ( $I \geq ETp$  estimada) ao longo do ciclo cultural, desde a sementeira até ao dia 30 de Setembro.

A sementeira foi realizada manualmente, em linhas com um espaçamento de 50 cm entre linhas e de 10 cm (D<sub>1</sub>) ou 5 cm (D<sub>2</sub>) entre sementes. Desta forma, a dois metros lineares de sementeira corresponde um metro quadrado de cultura.

Nos quadros de resultados utiliza-se a seguinte notação:

S<sub>1</sub> – primeira data de sementeira

S<sub>2</sub> – segunda data de sementeira

V<sub>1</sub> – variedade Tainung 2

V<sub>2</sub> – variedade Everglades 41

D<sub>1</sub> – densidade de sementeira = 20 plantas por metro quadrado

D<sub>2</sub> – densidade de sementeira = 40 plantas por metro quadrado

### 2.2.2 Campos NI

Nos campos NI foram testadas, em cada ano, três modalidades de adubação azotada, cruzadas com quatro modalidades de irrigação, sendo:

#### Adubação:

$N_0$  – 0 kg N/ha

$N_{75}$  – 75 kg N/ha

$N_{150}$  – 150 kg N/ha

P – 60 kg  $P_2O_5$ /ha (100% à sementeira)

K – 120 kg  $K_2O$ /ha (100% à sementeira)

A adubação azotada foi repartida por duas aplicações, 50% à sementeira e 50% em cobertura, 30 dias após a sementeira (DAS). Na adubação à sementeira, o azoto foi fornecido na forma amoniacal (sulfato de amónio) ou amídica (ureia). Na adubação de cobertura, o azoto foi fornecido na forma de nitrato de amónio.

#### Irrigação:

Todos os campos foram plenamente irrigados desde a sementeira até uma data pré-definida de diferenciação da irrigação, sendo:

$I_0$  – Sem irrigação após a data de diferenciação

$I_{25}$  – Irrigação com 25% da ETp estimada após a data de diferenciação

$I_{50}$  – Irrigação com 50% da ETp estimada após a data de diferenciação

$I_{100}$  – Irrigação com 100% da ETp estimada após a data de diferenciação

Todos os anos, a irrigação parou a 30 de Setembro.

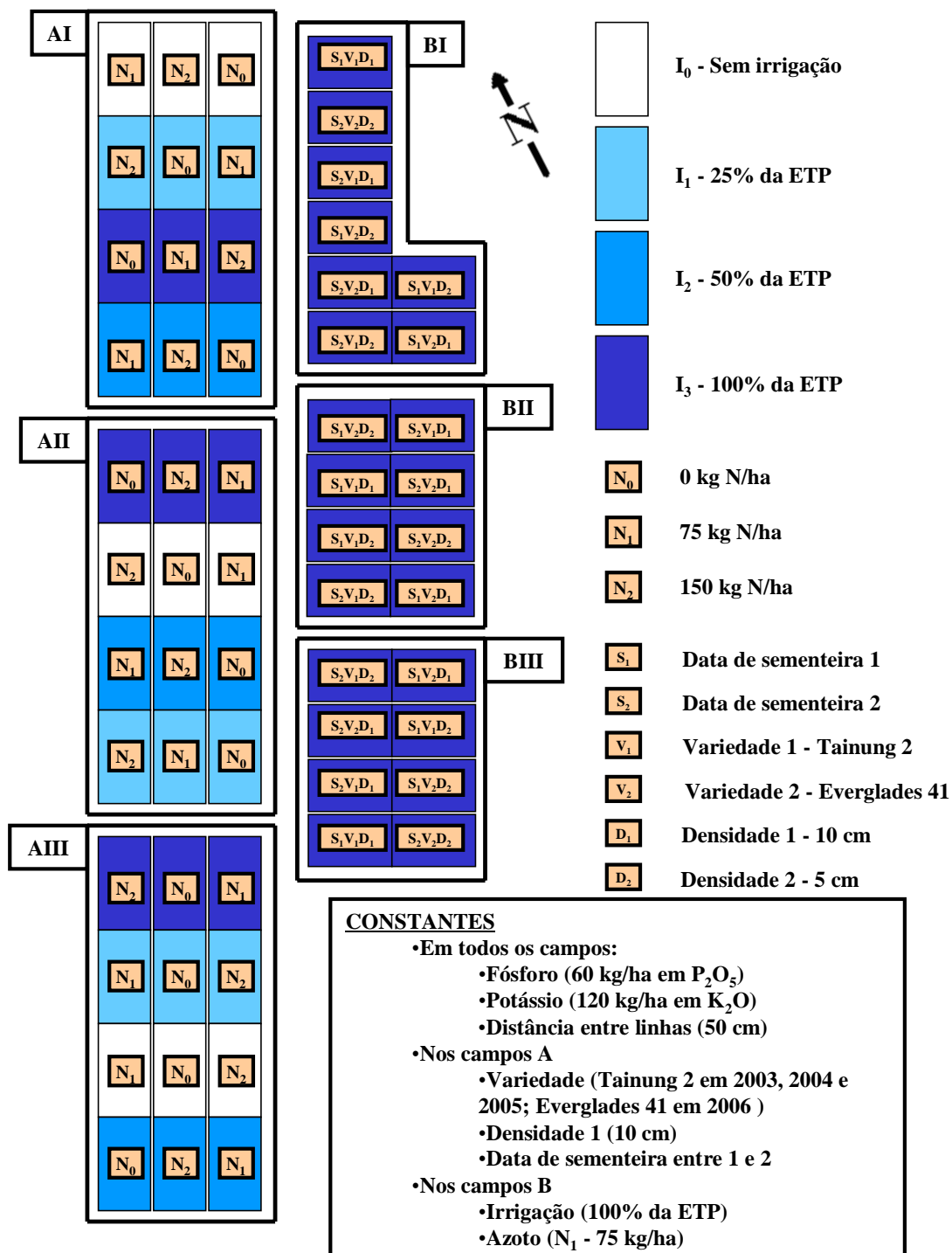
A sementeira foi realizada manualmente, em linhas com um espaçamento de 50 cm entre linhas e de 10 cm entre sementes. Desta forma, a dois metros lineares de sementeira corresponde um metro quadrado de cultura e a densidade de sementeira foi de 20 sementes por metro quadrado.

### 2.2.3 Disposição dos campos no terreno

Nos campos SVD, foi utilizado um esquema factorial  $2^3$ , com três replicados (blocos), com distribuição aleatória das combinações em cada replicado, como se mostra na figura 2.4. Na implantação no terreno, o esquema teve de ser ligeiramente distorcido, de forma a aproveitar o espaço disponível, em função das irregularidades do contorno, como se mostra na fotografia da figura 2.5.

Nos campos NI, foi utilizado um esquema “split-plot” com três replicados (blocos). Em cada replicado, o factor Irrigação foi agrupado em faixas de três campos, com cada uma das modalidades de adubação, de forma a facilitar as operações de rega. A posição de cada modalidade de adubação na faixa de irrigação e a posição de cada faixa de irrigação em cada replicado são aleatórias.

Desta forma, em cada replicado (bloco) existem todas as combinações possíveis em cada ensaio, ou seja, oito campos por bloco no ensaio SVD e doze campos por bloco no ensaio NI. As dimensões dos campos são de 6 m × 4 m e 8 m × 5 m para os ensaios SVD e NI, respectivamente.



**Figura 2.4** - Disposição esquemática dos campos experimentais no terreno. Os blocos AI, AII e AIII dizem respeito aos campos NI. Os blocos BI, BII e BIII dizem respeito aos campos SVD.





**Figura 2.5** - Disposição dos campos experimentais no terreno. Imposição de uma grelha no terreno para delimitação e identificação dos campos.

#### **2.2.4 Semente**

As sementes foram fornecidas pelo CRES (Center for Renewable Energy Sources, Pikermi, Grécia), no âmbito do Projecto QLK5 CT2002 01729 - Biomass Production Chain and Growth Simulation Model for Kenaf - BIOKENAF.

#### **2.2.5 Contingências**

No ano de 2003, a sementeira foi realizada em Maio, conforme programado. Por insuficiência do sistema rega, a emergência foi muito fraca e existiu uma elevada mortalidade das plântulas. Após intervenção técnica adequada, foi realizada nova sementeira, correspondente só aos blocos I de ambos os ensaios, por insuficiência de semente para a realização de sementeira completa.

No ano de 2004, a sementeira foi realizada em Maio, conforme programado. Toda a cultura foi destruída por coelhos durante o mês de Junho. Foi instalada uma vedação e realizada nova sementeira, correspondente só aos blocos I de ambos os ensaios, por insuficiência de semente para a realização de sementeira completa.

No ano de 2005, houve troca de semente em dois campos do bloco III do ensaio SVD, pelo que a variedade semeada não correspondeu à variedade programada para esses campos. Os resultados obtidos nestes campos não foram considerados na análise.

No ano de 2006, só foi realizado o ensaio NI, com a variedade Everglades 41.

### **2.3 Preparação do solo e manejo da cultura**

O solo foi preparado mecanicamente com um conjunto de operações que consistiram em:

- duas passagens com grade de discos, para corte e moenda da vegetação preexistente;
- lavoura com charrua de aivecas, com uma profundidade de sulco de cerca de 20 cm;

- duas passagens com fresa, para destorroar e nivelar a superfície do solo.

Antes da sementeira, foram distribuídos por espalhamento manual os adubos e incorporados no solo com um ancinho. Nesta adubação, foi aplicado 50% do azoto e 100% do fósforo e potássio programados para cada campo.

A sementeira foi realizada manualmente, em linhas, com um espaçamento de 50 cm entre linhas e de 10 cm ou 5 cm entre sementes, conforme a densidade de sementeira pretendida. Desta forma, a dois metros lineares de sementeira corresponde um metro quadrado de cultura.

A rega foi efectuada por aspersão, com recurso a aspersores rotativos portáteis. A quantificação da água usada foi realizada com um contador montado na linha que abastecia os campos. Os aspersores foram calibrados, em termos de débito por unidade de tempo, de forma a que a rega diária pudesse ser controlada pelo tempo correspondente ao volume de água pretendido em cada faixa de irrigação.

Conforme as necessidades de cada ano e, especialmente, antes da distribuição da adubação de cobertura, foram realizadas mondas manuais. A vegetação arrancada foi deixada nos campos.

Cerca de 30 dias após a sementeira, foi distribuída por espalhamento manual a adubação de cobertura, constituída por 50% do azoto programado para cada campo.

Não foram usados pesticidas.

## **2.4 Amostragem**

### **2.4.1 Plantas**

Nos estágios iniciais da cultura foram realizadas frequentes contagens, de forma a avaliar as taxas de emergência verificadas em cada campo.

Para a caracterização da biomassa e avaliação da produtividade, foram colhidas, de forma aleatória, quatro plantas por campo, em datas pré-definidas. Sobre essas plantas foram realizadas diversas determinações biométricas, após o que a sua biomassa foi separada nos seus componentes (folhas, caule interno e líber), determinada a massa fresca de cada componente e a massa média de cada componente por planta. Foram extraídas amostras de cada componente para as determinações de humidade e massa seca, por gravimetria, teor de azoto, pelo método de Kjeldahl e outras determinações de interesse para o projecto, mas não relatadas nesta dissertação. Com os resultados obtidos, foram realizados os cálculos adequados, de forma apresentar os valores na forma massa/hectare, tendo em conta a população real existente nos campos.

### **2.4.2 Solo**

Para a caracterização do solo, foi realizada uma amostra compósita de dez pontos de amostragem regularmente distribuídos pelo terreno onde foram implantados os campos de teste. A colheita foi realizada antes dos trabalhos de lavoura.





## 3 RESULTADOS

### 3.1 Dados climáticos

Em termos gerais, a região onde foram realizados os ensaios de campo tem um clima do tipo Csa (Temperado com verão seco e quente), segundo a classificação de Köppen-Geiger, conforme foi aplicada no Atlas Climático Ibérico (AEMET e IM, 2011).

Na caracterização climática do local de realização dos ensaios de campo foram usados os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH, <http://snirh.inag.pt>). O SNIRH dispõe de uma estação climatológica instalada no *campus* da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT-UNL), com dados de temperatura e precipitação, disponíveis desde Maio de 1985 até ao presente, com interrupção entre Julho de 1994 e Abril de 2001. No que concerne à Radiação Solar, existem dados desde Abril de 2001 até ao presente. A informação relativa à estação é a seguinte:

Código da Estação Climatológica (SNIRH): 22B/01C (Monte da Caparica)

Coordenadas Militares (Datum Lisboa): M = 106897; P = 188713

Altitude média: cerca de 100 metros acima do nível médio do mar.

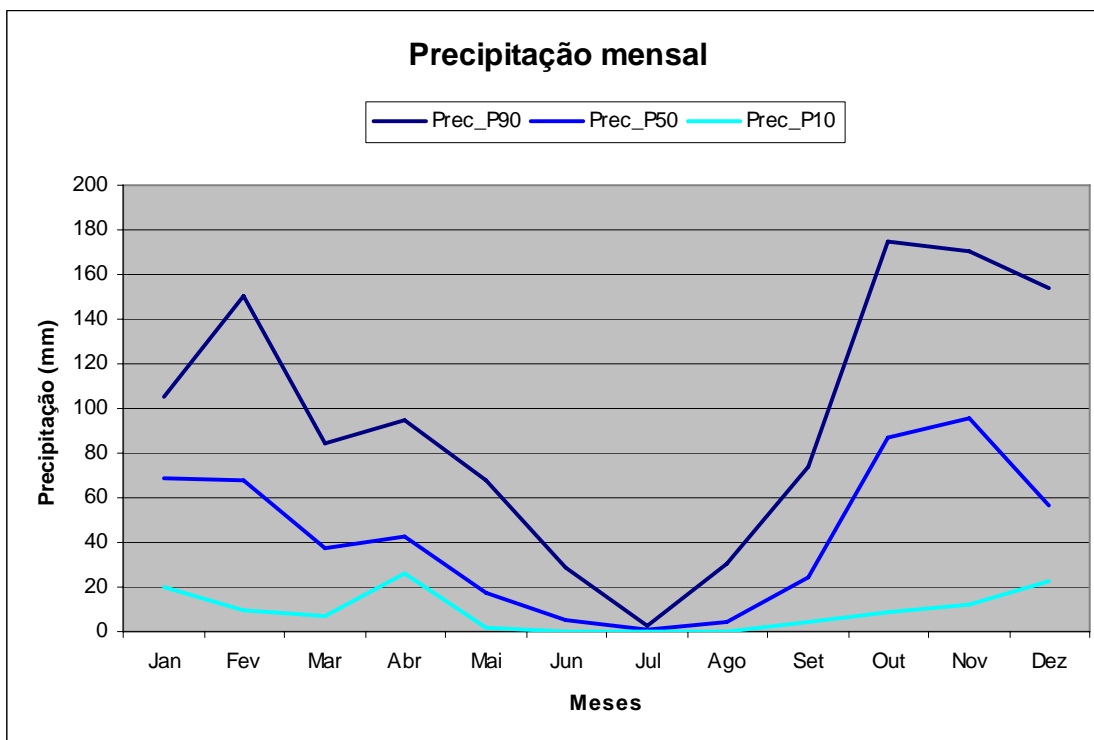
A representação das coordenadas militares indicadas pelo SNIRH, na Carta Militar 1:25000, série M888, folha nº 442, recorrendo ao “software” disponibilizado pelo IGeoE, conduz a uma localização cujas coordenadas fornecidas automaticamente pelo Google<sup>TM</sup> Earth são as seguintes:

Latitude: 38° 39' 39,40" N; Longitude: 09° 12' 10,03" W

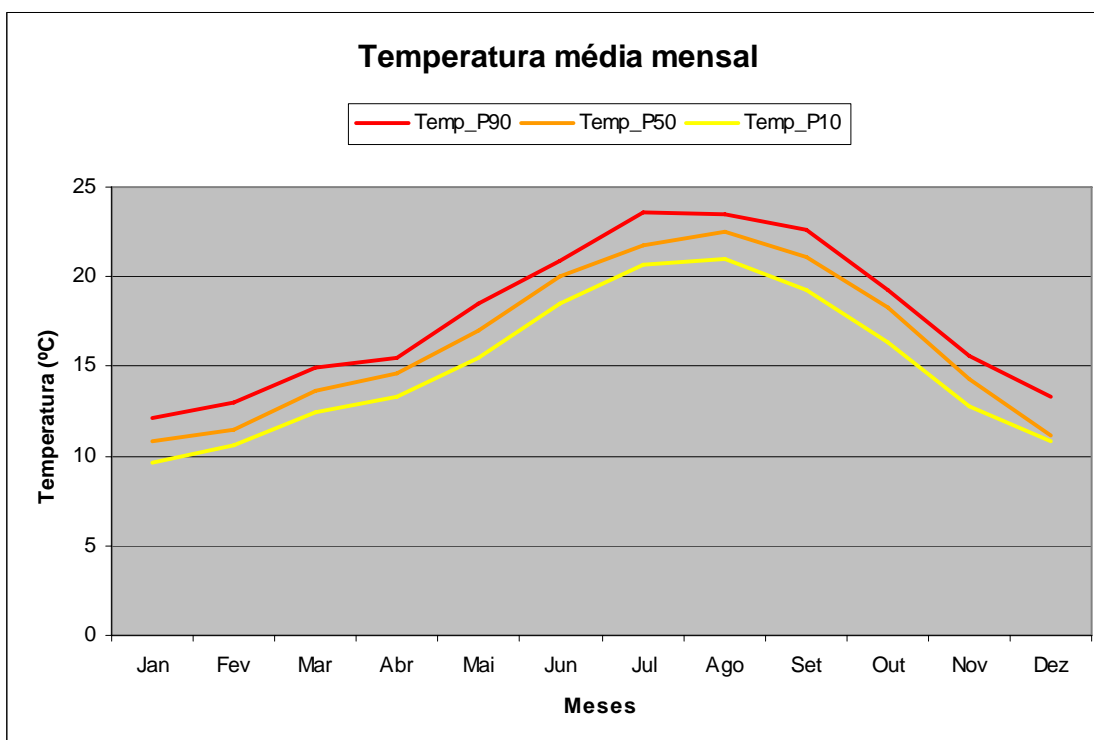
Na figura 3.1 apresenta-se a variação da precipitação mensal ao longo do ano na estação climatológica anteriormente referida. Estão representados os percentis 90, 50 e 10, calculados com base nos dados disponíveis para o período entre Maio de 1985 e Dezembro de 2009. Considerando o ano hidrológico, os valores da precipitação anual são de 776,1 mm, 607,7 mm e 461,8 mm, para os percentis 90, 50 e 10, respectivamente. A principal característica dos valores da precipitação mensal é a grande variabilidade associada aos meses historicamente mais chuvosos, com particular realce para Outubro, Novembro, Dezembro e Fevereiro. Entre Maio e Agosto, em 50% dos anos, foi registada uma precipitação mensal inferior a 20 mm.

Na figura 3.2 apresenta-se a variação da temperatura média mensal ao longo do ano, na mesma estação climatológica. Estão representados os percentis 90, 50 e 10, calculados com base nos dados disponíveis para o período entre Maio de 1985 e Dezembro de 2009. Para um ano civil, os valores da temperatura média anual são de 17,2 °C, 16,3 °C e 15,9 °C, para os percentis 90, 50 e 10, respectivamente. Janeiro, Fevereiro e Dezembro são os meses mais frios, com percentis 50 para a temperatura média mensal de 10,8 °C, 11,5 °C e 11,2 °C, respectivamente. Os meses mais quentes são Julho, Agosto e Setembro, cujos valores do percentil 50 da temperatura média mensal são 21,8 °C, 22,5 °C e 21,1 °C, respectivamente. Verifica-se que os meses mais secos são também os mais quentes, observação esta que deve ser tida em conta quando se pretenda instalar culturas de Verão, que dependam da disponibilidade de água para a obtenção de colheitas interessantes.

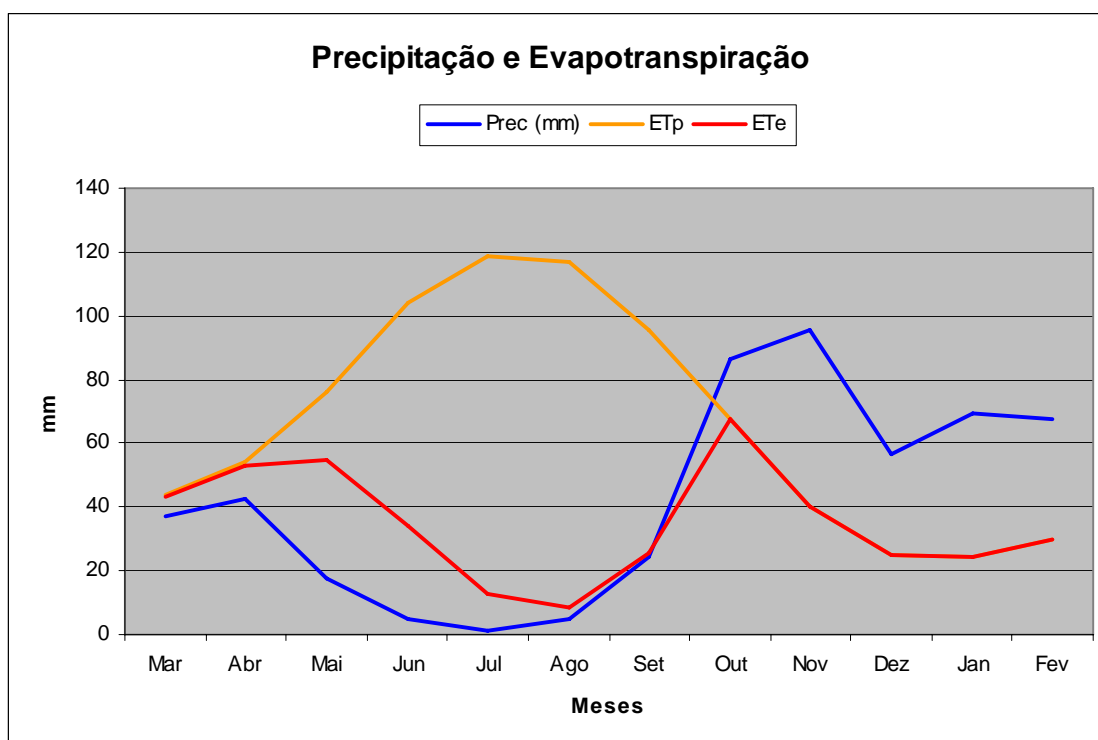
Com base nos valores dos percentis 50 da temperatura média mensal e da precipitação mensal, foram realizados os cálculos da Evapotranspiração Potencial (ETp) e Efectiva (ETe) e do balanço de água no solo, pelo método de Thornthwaite e Mather (1957), conforme indicado por Mendes e Gonçalves (1980). Nestes cálculos, foi utilizada uma capacidade útil do solo de 100 mm. Os resultados obtidos são apresentados nas figuras 3.3, 3.4 e 3.5. A representação gráfica é realizada com início no mês de Março, uma vez que este é o primeiro mês em que a ETp é superior à precipitação, após o período húmido.



**Figura 3.1** - Precipitação mensal na estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL. As linhas representam os valores dos percentis 90 (Prec\_P90), 50 (Prec\_P50) e 10 (Prec\_P10) para o período entre Maio de 1985 e Dezembro de 2009.



**Figura 3.2** - Temperatura média mensal na estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL. As linhas representam os valores dos percentis 90 (Temp\_P90), 50 (Temp\_P50) e 10 (Temp\_P10) para o período entre Maio de 1985 e Dezembro de 2009.



**Figura 3.3** - Percentil 50 da precipitação mensal (Prec), Evapotranspiração potencial (ETp) e Evapotranspiração efectiva (ETe), segundo os dados da estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL.

A ETp anual calculada foi de 796,4 mm e, para a capacidade útil considerada, a ETe anual calculada foi de 419 mm. A soma dos percentis 50 da precipitação mensal dos doze meses do ano é de 508,6 mm. Este valor é cerca de 100 mm inferior ao percentil 50 da precipitação anual verificada nos anos hidrológicos para os quais existem registos completos. Da observação da figura 3.3 pode concluir-se que, no período de Maio a Setembro, o desenvolvimento das culturas poderá estar muito condicionado, devido à grande diferença existente entre os valores da ETp e da ETe.

A mesma conclusão pode ser obtida da observação da figura 3.4. Os teores de água no solo são inferiores a 50% da capacidade útil entre os meses de Maio e Outubro. A capacidade útil do solo só se encontra completamente preenchida nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Como se pode observar na figura 3.5, existe défice hídrico entre Março e Setembro. Existe “superavit” hídrico em Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Para os valores de precipitação considerados, o défice hídrico acumulado anual é de 377,4 mm. A água disponível anualmente para escorrência superficial e/ou infiltração profunda (superavit acumulado) é de 89,6 mm.

A ETp diária média estimada para os meses em que foi realizada irrigação foi:

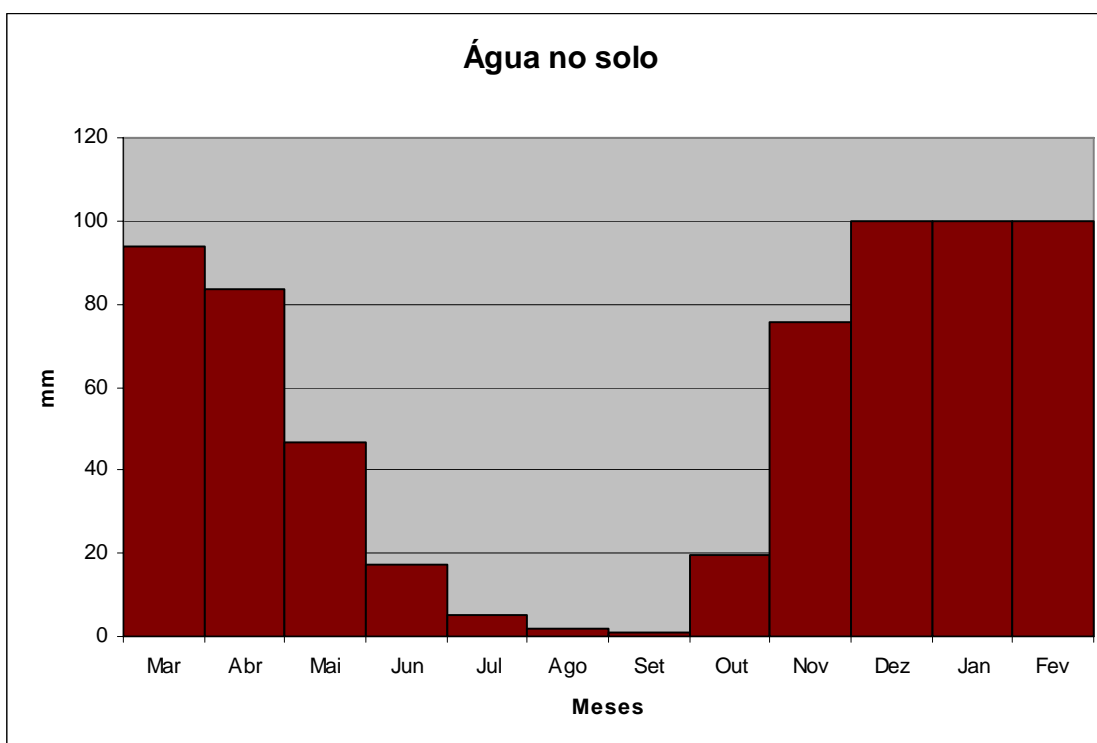
Maio: 2,54 mm/dia

Junho: 3,47 mm/dia

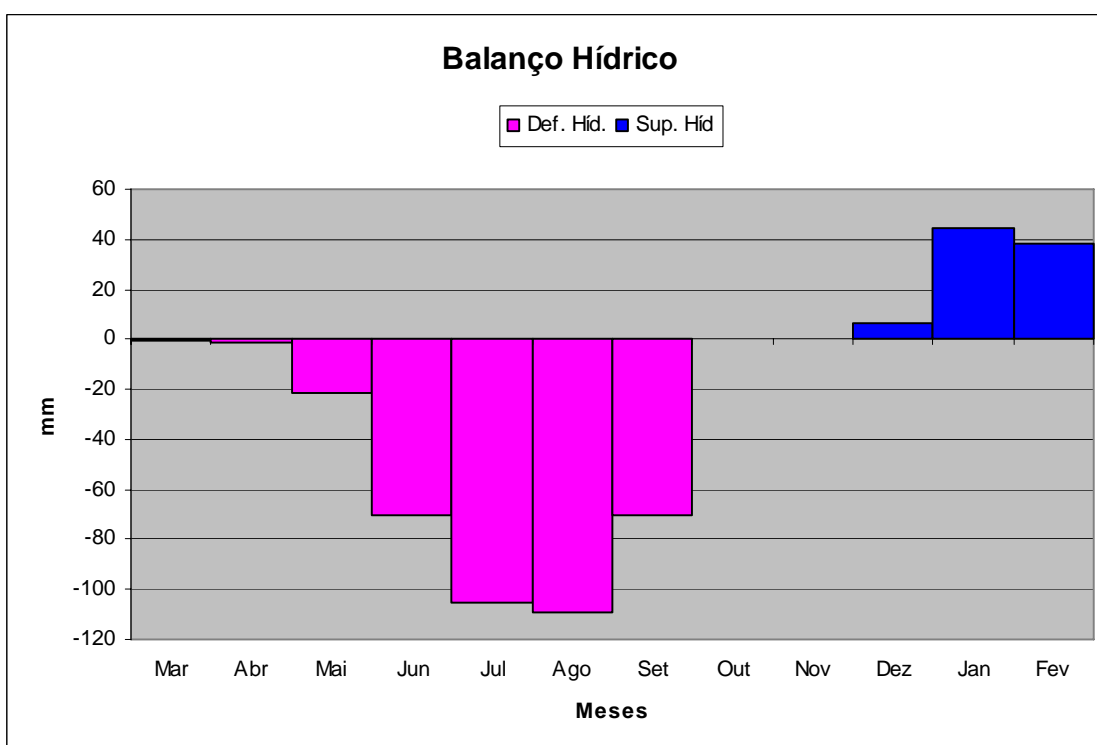
Julho: 3,95 mm/dia

Agosto: 3,90 mm/dia

Setembro: 3,18 mm/dia



**Figura 3.4** - Valores calculados de água no solo, para uma capacidade útil de 100 mm, com base nos dados da estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL.



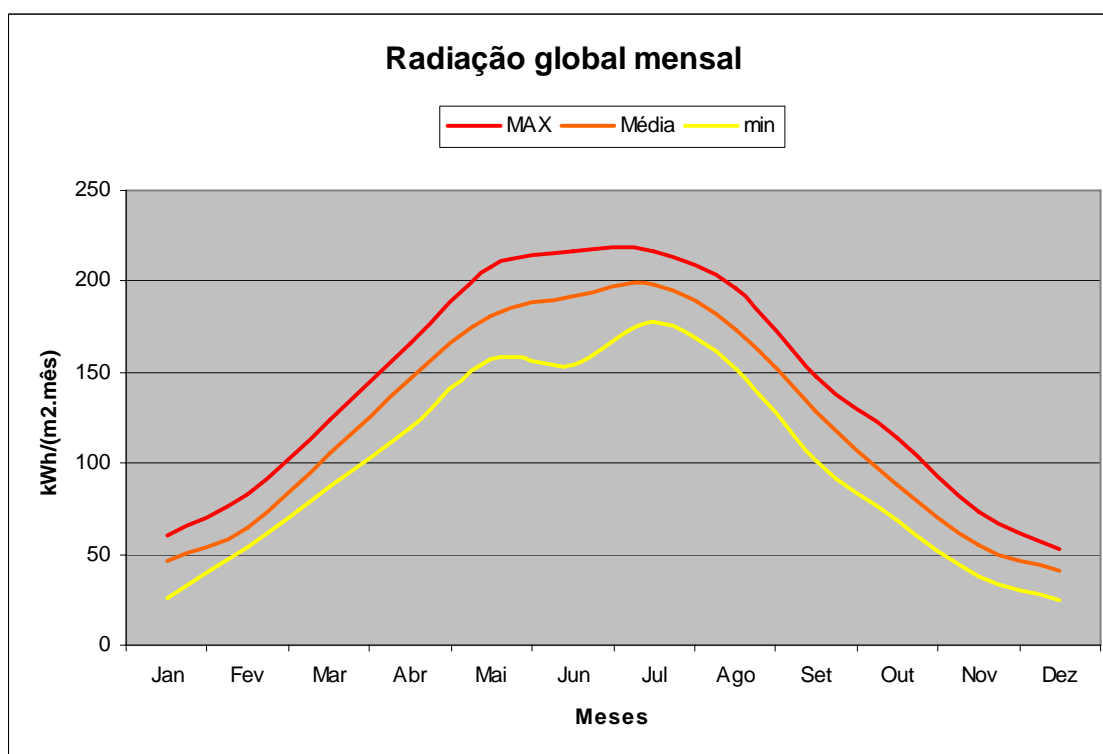
**Figura 3.5** - Balanço hídrico calculado com base nos dados da estação climatológica do SNIRH localizada na FCT-UNL. Valores calculados de défice hídrico (Def. Hid.) e superavit hídrico (Sup. Hid.), para uma capacidade útil de 100 mm.

Na figura 3.6 apresenta-se a evolução anual dos valores médios, máximos e mínimos da energia da radiação solar global mensal incidente, em  $\text{kWh.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ , para o período em que existem dados disponíveis (Abril de 2001 a Dezembro de 2009). Estes valores foram calculados com base nos valores da radiação horária, disponibilizados pelo SNIRH. A irradiância média horária no período diurno variou entre cerca de  $136 \text{ W.m}^{-2}$ , em Dezembro, e cerca de  $445 \text{ W.m}^{-2}$ , em Julho.

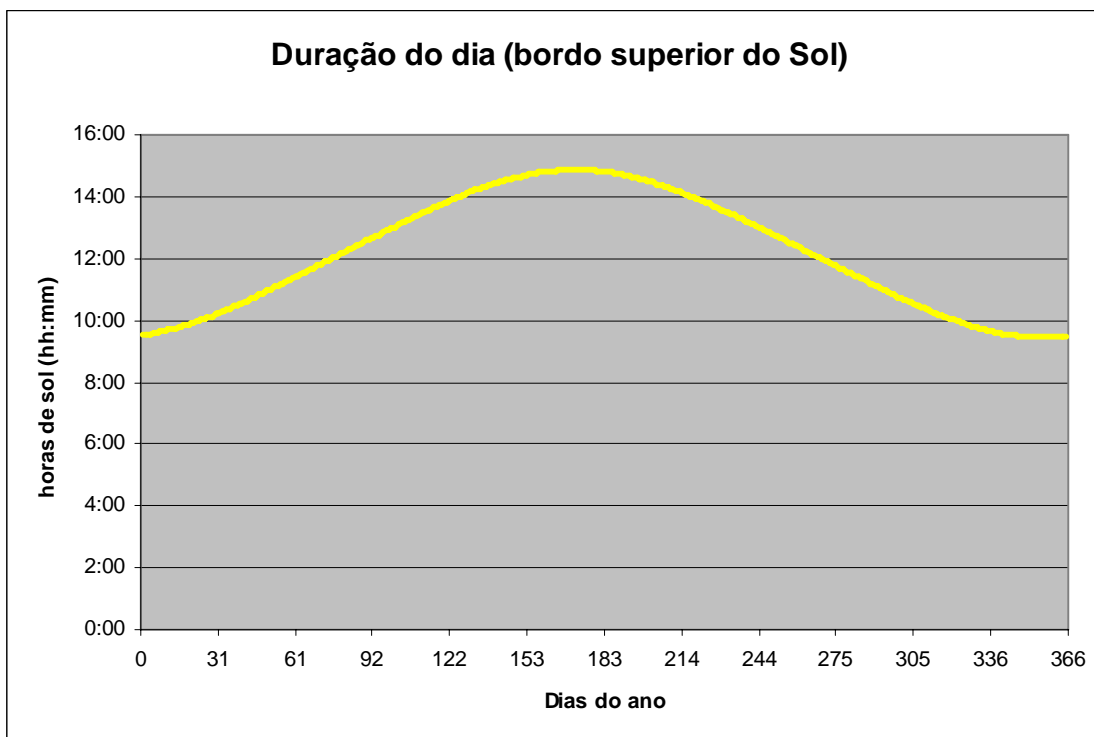
No período estudado, entre Maio a Agosto, o influxo de energia solar foi sempre superior a  $150 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ , tendo sido excedido, em alguns anos, o valor de  $200 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ . Em contrapartida, nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro, os valores foram sempre inferiores a  $75 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ , não sendo invulgar a obtenção de valores inferiores a  $50 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{mês}^{-1}$ .

Na figura 3.7 apresenta-se a variação da duração média do dia, em horas de Sol, calculadas em relação ao nascimento e ocaso do Sol (bordo superior) em Lisboa, ao nível do mar, em 2005. Os cálculos foram realizados com base nos dados disponibilizados nos Almanques do Observatório Astronómico de Lisboa (OAL, <http://www.oal.ul.pt>). A duração do dia oscila entre 09 horas e 27 minutos no solstício de Inverno, em Dezembro, e 14 horas e 52 minutos no solstício de Verão, em Junho. Entre Maio e Julho, a duração do dia é superior a 14 horas.

Considerando os valores de  $ET_p$  e  $ET_e$  calculados, para os percentis 50 da precipitação e temperatura média mensal, foi realizado o cálculo da Produtividade Primária Líquida estimada (PPL, massa seca,  $\text{g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ ), pelo método de Lieth e Box (1972). Caso seja possível disponibilizar toda a água necessária à  $ET_p$ , a PPL estimada é de  $1581,8 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  ( $15,8 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ). Considerando apenas a  $ET_e$ , a PPL estimada é de  $958,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{ano}^{-1}$  ( $9,6 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ ).



**Figura 3.6** - Radiação global mensal calculada com base nos valores da radiação horária na estação climatológica da FCT-UNL, disponibilizados pelo SNIRH. Valores médios (Média), máximos (MAX) e mínimos (min) para o período entre Abril de 2001 e Dezembro de 2009.

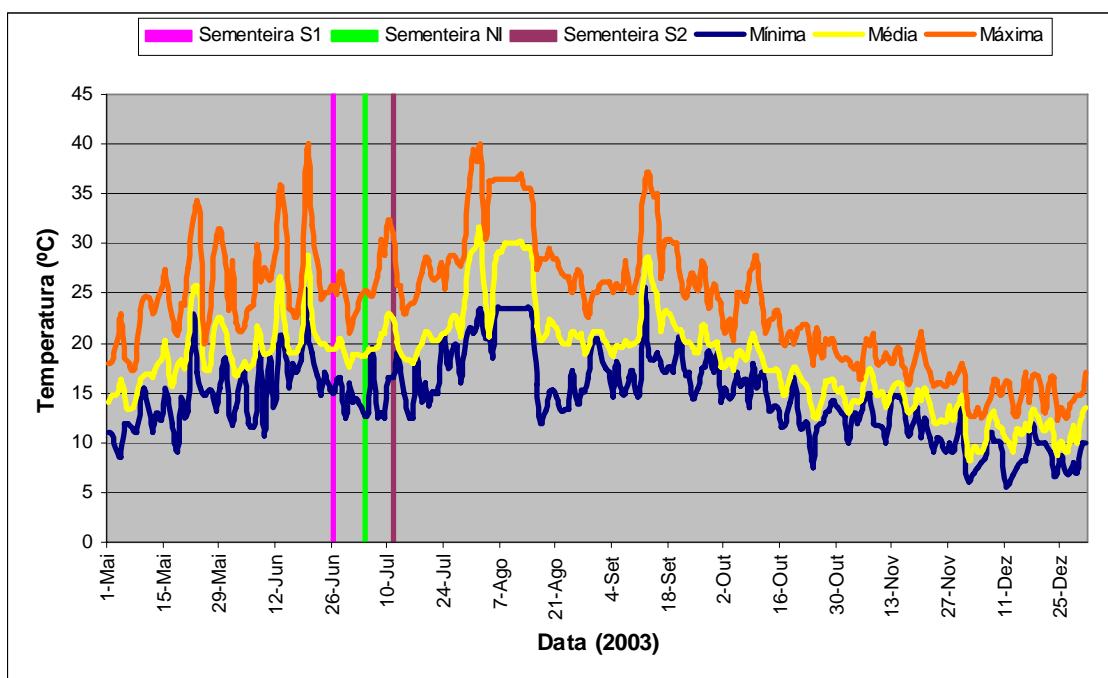


**Figura 3.7** - Duração do dia, em horas de sol, calculadas em relação ao nascimento e ocaso do sol (bordo superior) em Lisboa, ao nível do mar, em 2005. Fonte dos dados: Observatório Astronómico de Lisboa, <http://www.oal.ul.pt>.

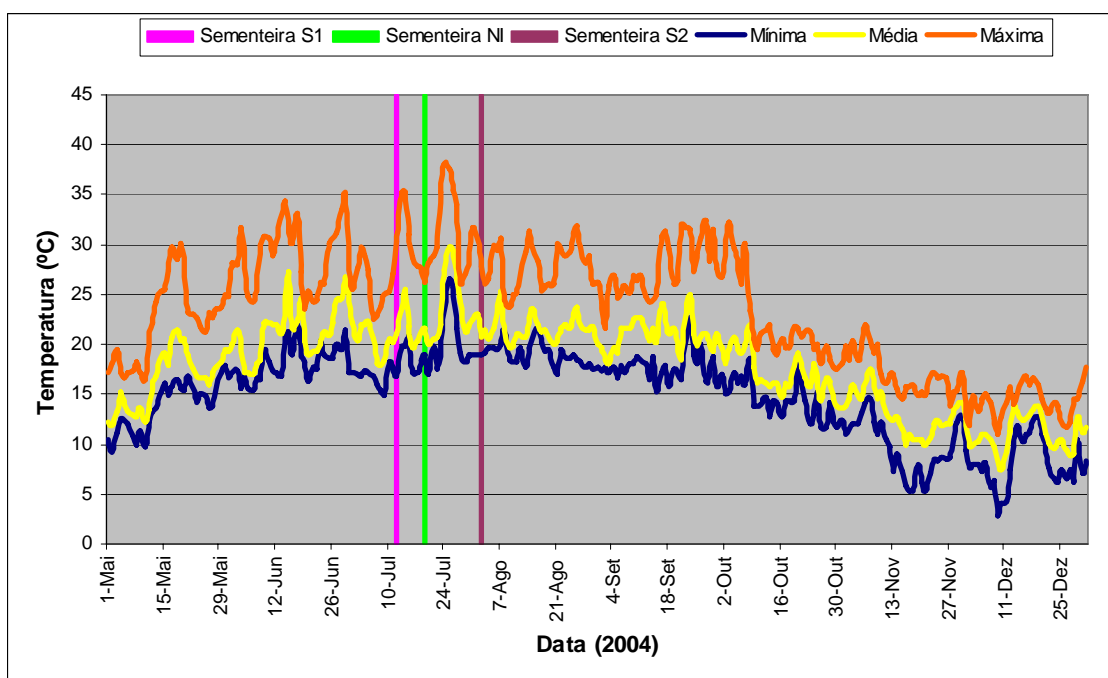
Nas figuras 3.8, 3.9, 3.10 e 3.11 apresenta-se a variação das temperaturas máxima, média e mínima diárias, para o período entre Maio e Dezembro, dos anos em que ocorreram os ensaios de campo. Nos gráficos apresentados, foram introduzidas barras verticais, sinalizando as datas de sementeira dos diferentes ensaios, no ano a que o registo de temperaturas diz respeito.

Nas figuras 3.12, 3.13, 3.14 e 3.15 apresenta-se a variação da precipitação diária, para o período entre Maio e Dezembro, dos anos em que ocorreram os ensaios de campo. Nos gráficos apresentados, foram introduzidas barras verticais, sinalizando as datas de sementeira, diferenciação da rega e fim da rega dos ensaios NI, no ano a que o registo de precipitação diz respeito.

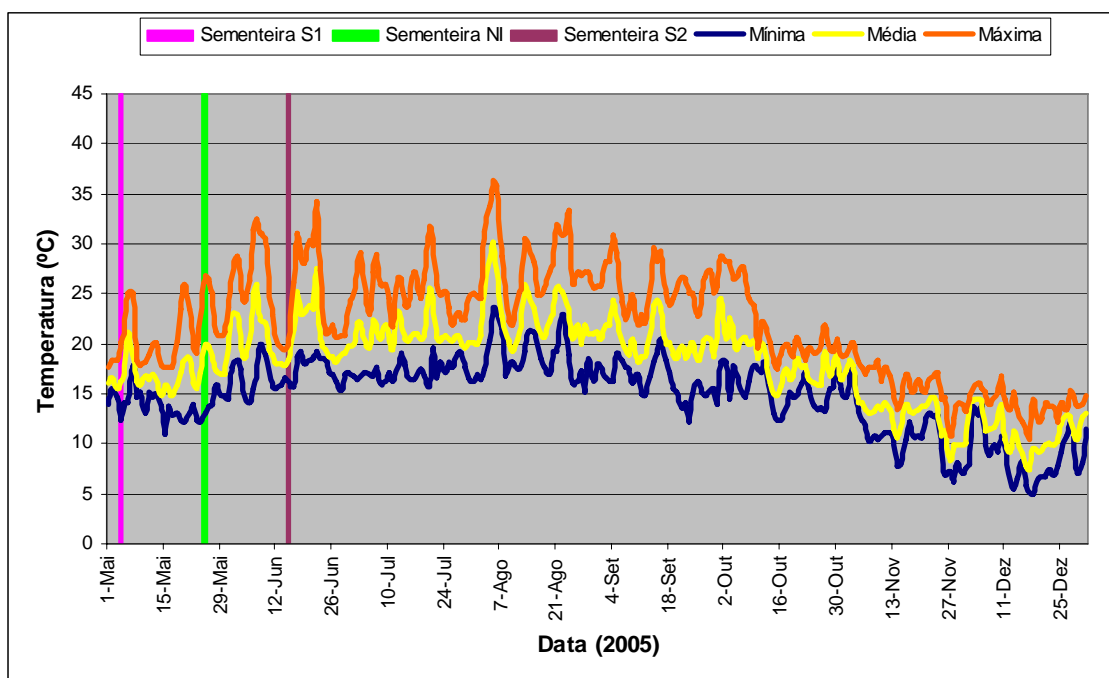
Nas figuras 3.16, 3.17, 3.18 e 3.19 apresenta-se a variação da radiação global diária, para o período entre Maio e Dezembro, dos anos em que ocorreram os ensaios de campo



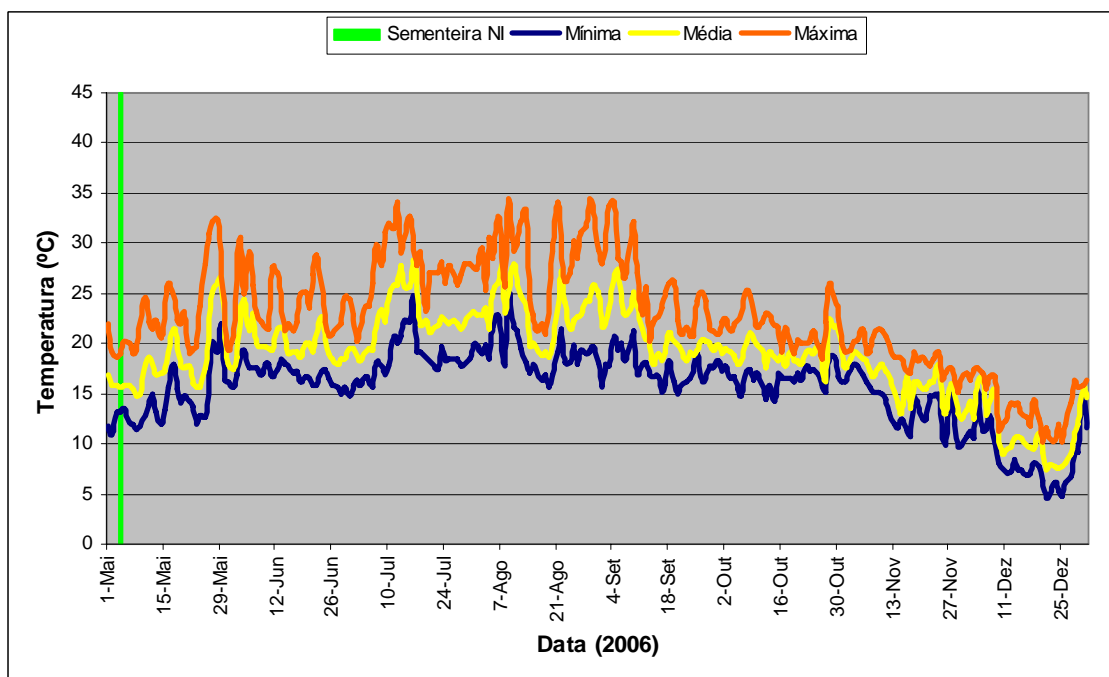
**Figura 3.8** - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2003.



**Figura 3.9** - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2004.

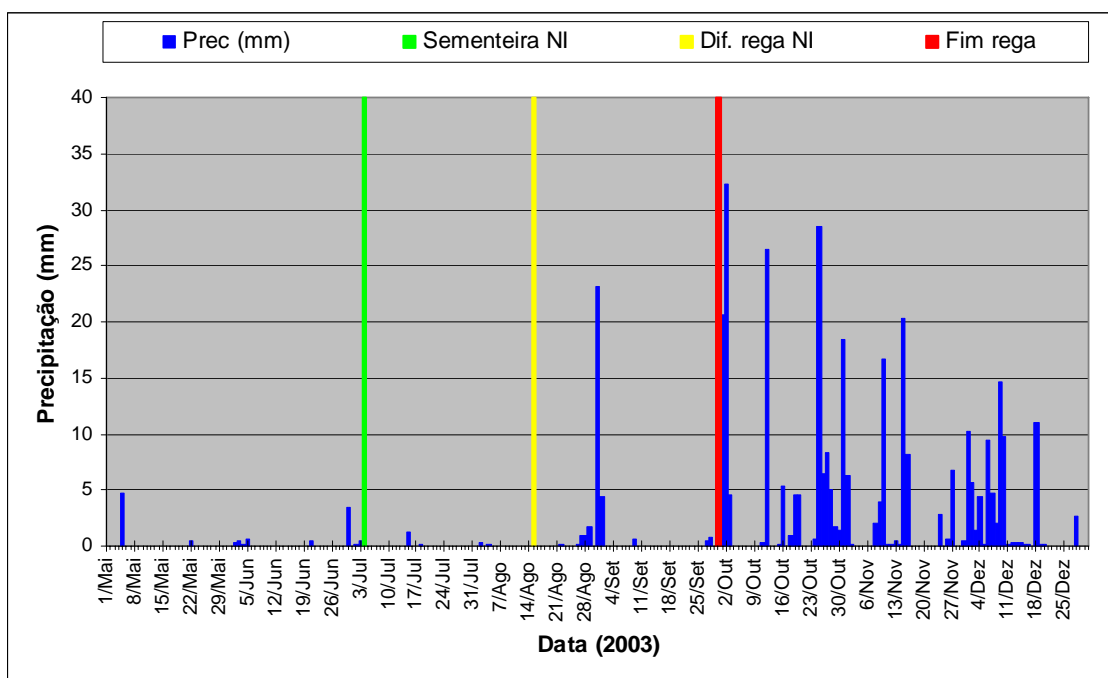


**Figura 3.10** - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2005.

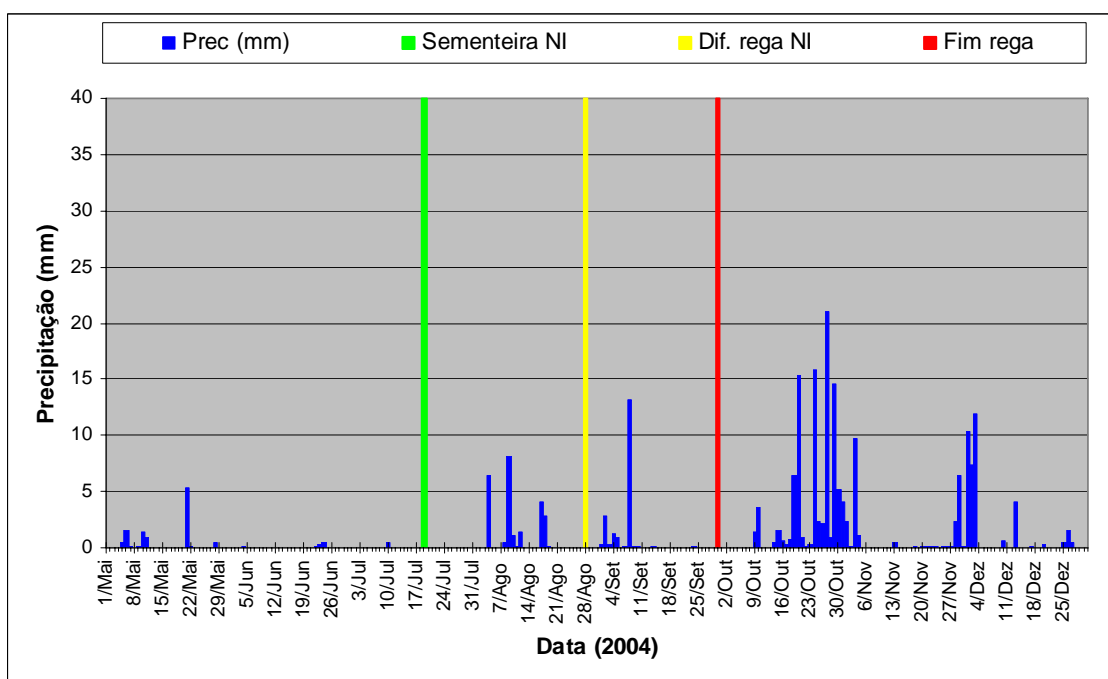


**Figura 3.11** - Temperaturas do ar mínima, média e máxima diárias para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2006.

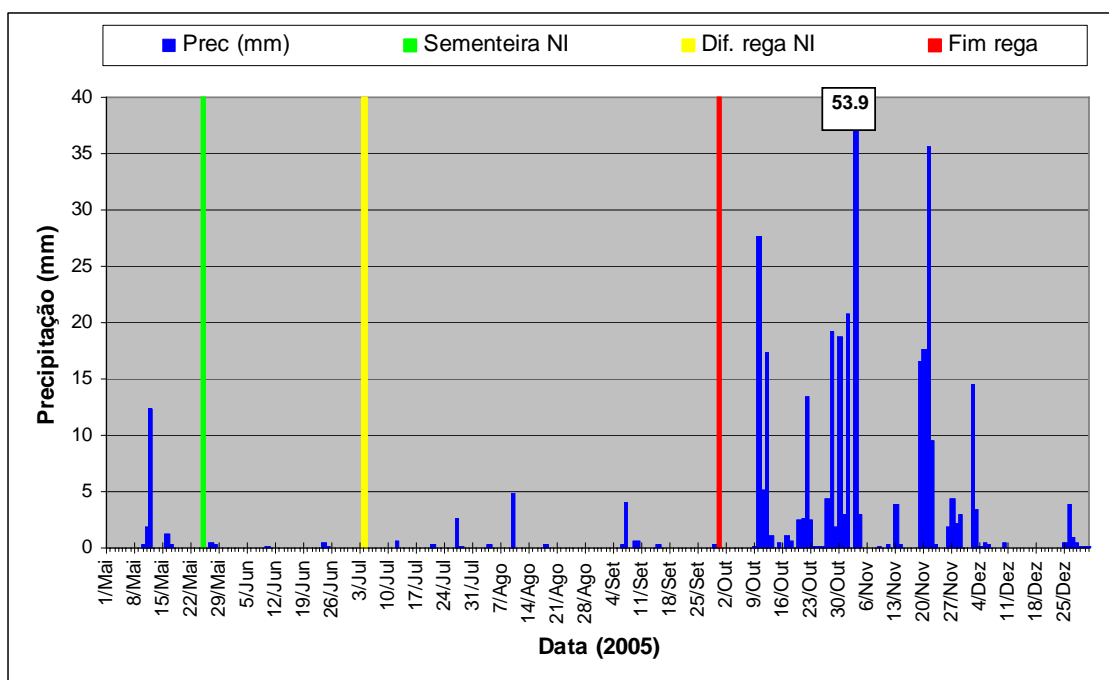




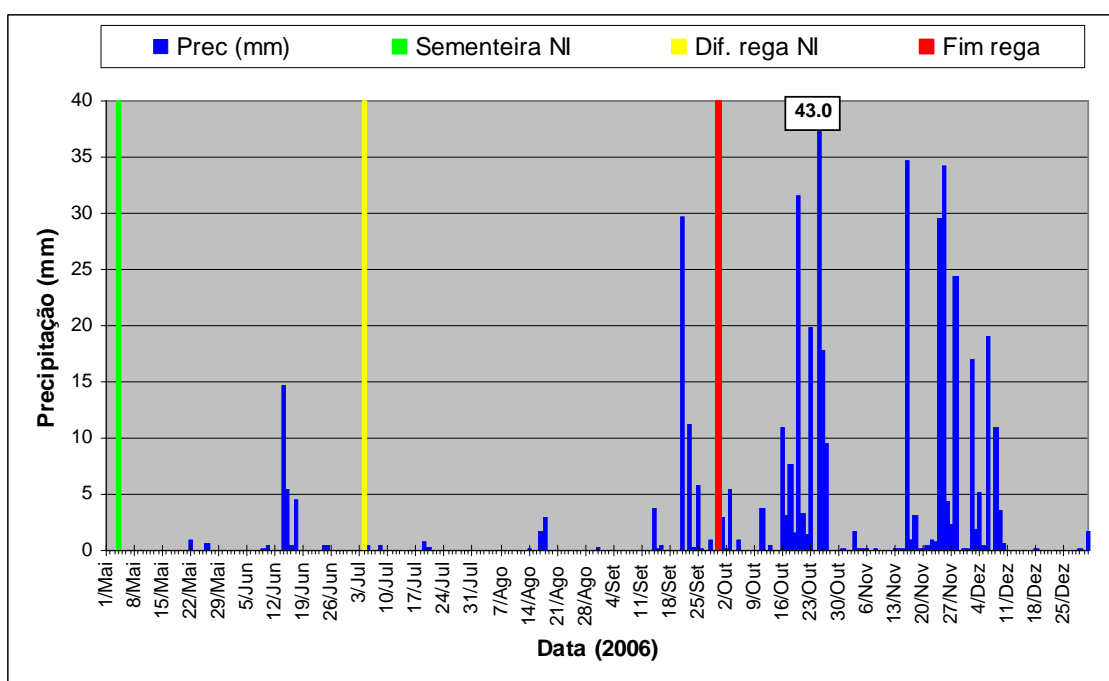
**Figura 3.12** - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2003.



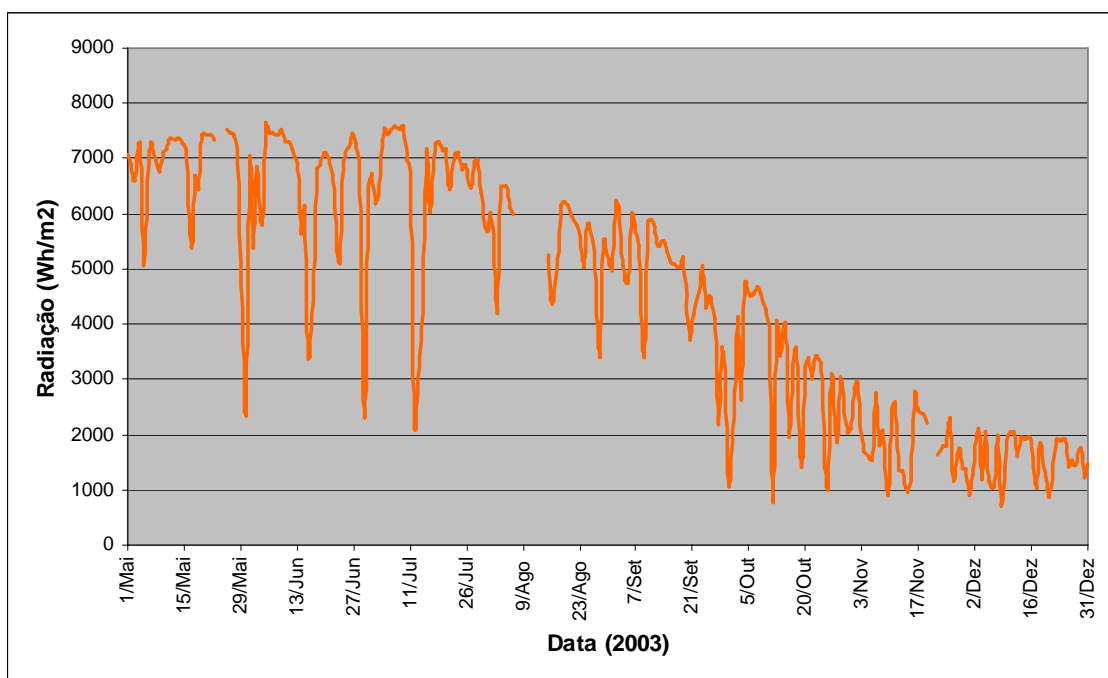
**Figura 3.13** - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2004.



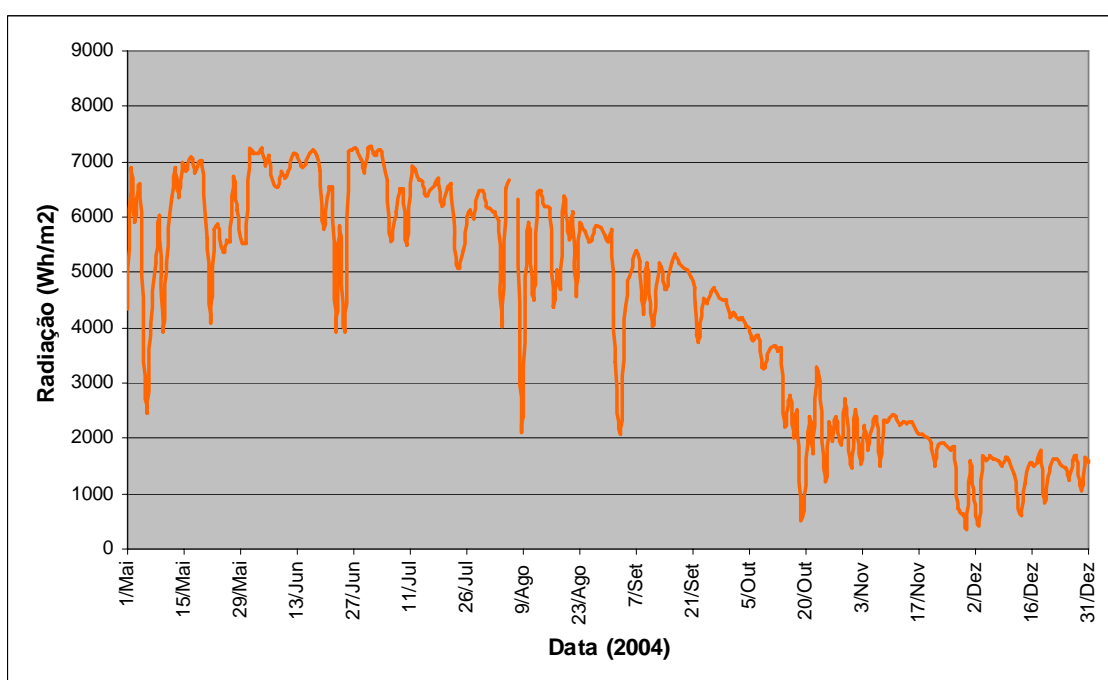
**Figura 3.14** - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2005.



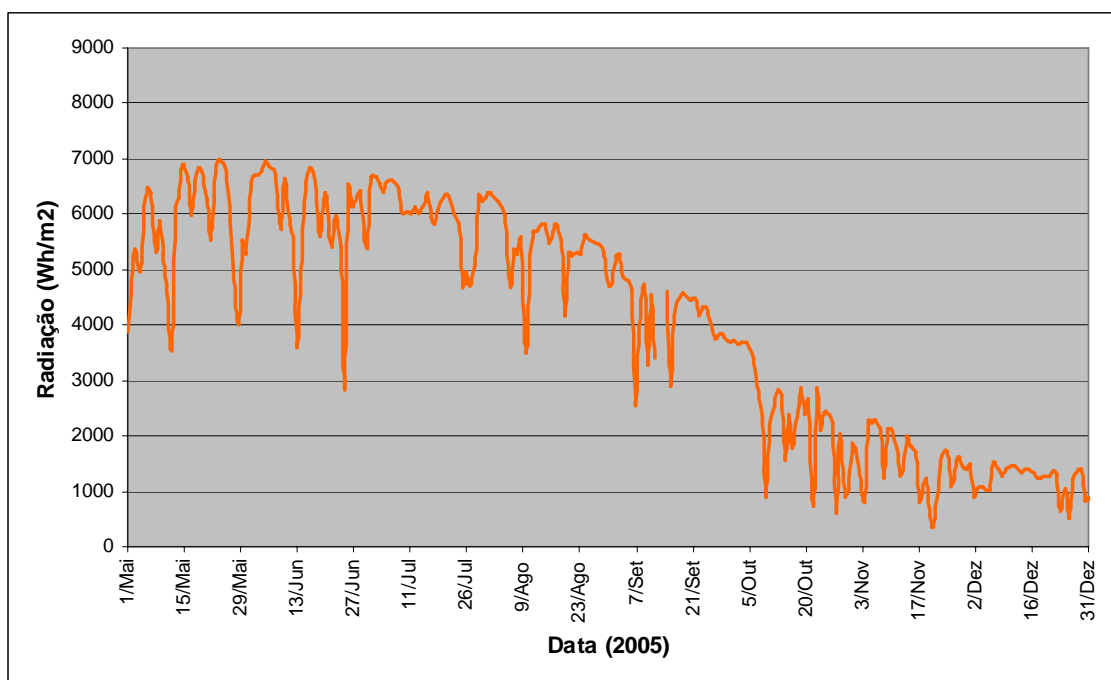
**Figura 3.15** - Precipitação diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2006.



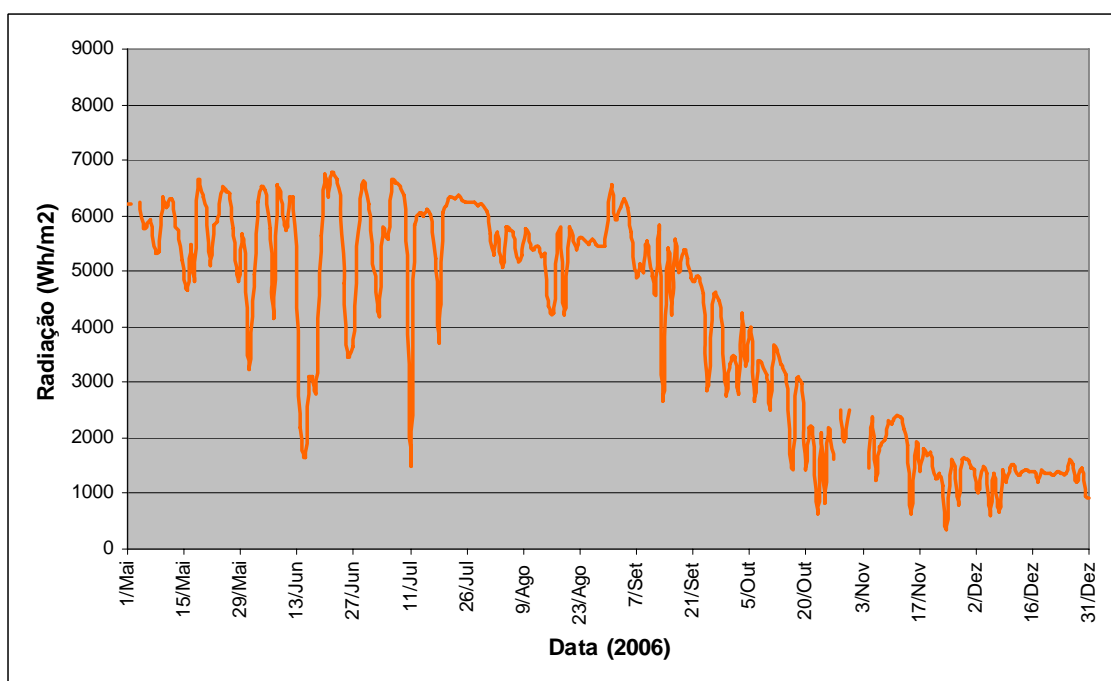
**Figura 3.16** - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2003.



**Figura 3.17** - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2004.



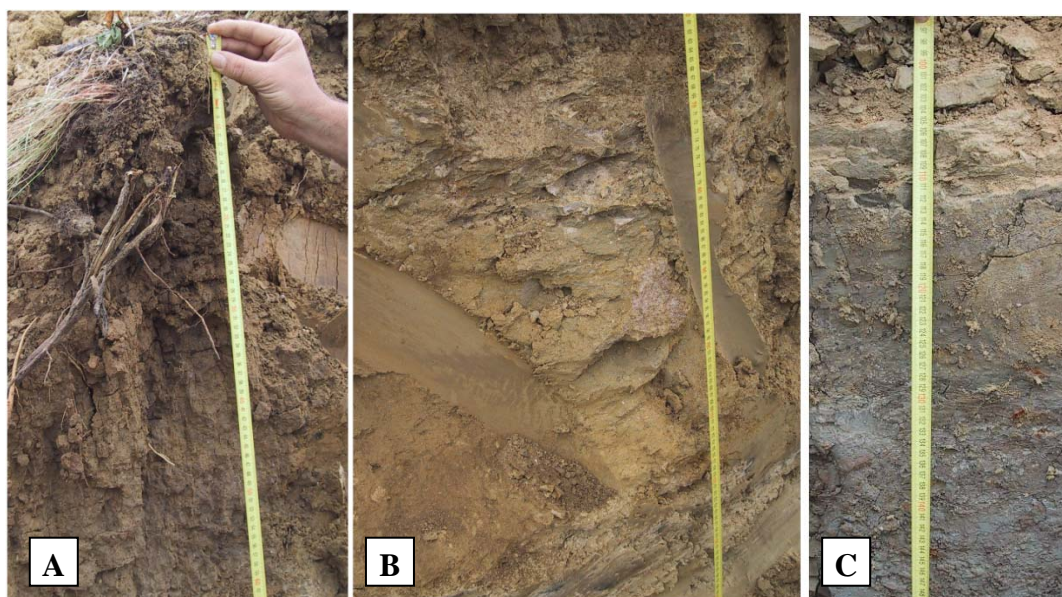
**Figura 3.18** - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2005.



**Figura 3.19** - Radiação global diária para o período de 1 de Maio a 31 de Dezembro do ano de 2006.

### 3.2 Caracterização do solo

A zona onde foram localizados os campos de teste integra-se numa área de formações sedimentares do Mio-Plistocénico, compostas por arenitos, calcários mais ou menos margosos, areias, cascalheiras e argilas. Na localização específica dos campos, a rocha subjacente é uma marga, de onde se originou um solo pouco evoluído, de características argilosas, pertencente ao grupo dos cambissolos cálcicos, de acordo com a nomenclatura utilizada no Atlas do Ambiente Digital. Segundo a nomenclatura da Carta de Solos de Portugal Continental, série SROA/CNROA, disponibilizada pela Direcção-Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural (DGADR/DSRRN/DPRS, <http://www.dgadr.pt>), os solos locais são referidos como Solos Calcários Pardos de Margas, Pcs. As características de um perfil do solo local (figura 3.22), bem como algumas características físico-químicas relevantes, adequam-se à descrição fornecida para Solos Calcários Pardos de Margas, Pcs, descritas na Nota Explicativa da Carta referida anteriormente, tal como é também descrito por Cardoso (1965).



**Figura 3.20** - Perfil de solo de um local próximo da localização dos campos experimentais. A (0 – 60 cm); B (60 – 120 cm); C (> 120 cm).

No quadro 3.1 apresentam-se os resultados de determinações físico-químicas realizadas em amostras de solo dos campos de teste, colhidas antes dos trabalhos de lavoura que precederam a primeira sementeira. Os valores apresentados correspondem às médias e aos desvios-padrão dos resultados obtidos em três sub-amostras de uma amostra compósita dos 30 cm superficiais de solo, obtida em 10 pontos de colheita distribuídos uniformemente pela área onde os ensaios decorreram.

No quadro 3.2 apresenta-se o cálculo da matéria orgânica e dos principais nutrientes existentes nos primeiros 30 cm de solo.

Os resultados obtidos foram comparados com valores de referência apresentados em Jones (2002). Verificou-se que o solo analisado apresentava textura argilosa (método de campo), reacção alcalina e um reduzido teor de sais. O teor de matéria orgânica pode ser considerado também reduzido, assim como a disponibilidade de azoto facilmente assimilável pelas plantas (nitrato). Os teores de fósforo e potássio disponíveis foram elevados, pelo que não seriam de esperar limitações ao desenvolvimento das culturas por deficiência de qualquer destes nutrientes.

A quantidade de azoto Kjeldahl presente no solo foi muito elevada. Se durante o período de desenvolvimento das culturas não existir nenhum factor que iniba a nitrificação, não é expectável a existência de limitações do crescimento por deficiências de azoto. Desta forma, também não é previsível uma resposta significativa das culturas à adubação azotada.

Com base nos resultados obtidos para a matéria orgânica e para o azoto Kjeldahl, assumindo uma percentagem de carbono na matéria orgânica entre os 50% e 60%, estima-se que a razão C:N estivesse situada entre 3,2:1 e 3,9:1. Estes valores da razão C:N são relativamente baixos, indicando que a degradação da matéria orgânica carbonácea ocorre com facilidade neste solo.

Uma razão C:N reduzida, uma textura argilosa, uma reacção alcalina e a presença de calcário no horizonte superficial são aspectos característicos deste tipo de solo (Pcs) e da sua evolução no clima da região, conforme descrito em Cardoso (1965).

**Quadro 3.1** - Características físico-químicas do solo onde decorreram os ensaios de campo, em 19 de Maio de 2003

Parâmetro	Resultado	Obs
Textura	Argilosa	
Densidade aparente ( $\text{kg.dm}^{-3}$ )	$1,3 \pm 0,1$	
pH em água, L:S=2,5:1	$8,6 \pm 0,1$	Alcalino <sup>(a)</sup>
pH em KCl 1N, L:S=2,5:1	$7,6 \pm 0,1$	Alcalino <sup>(a)</sup>
Condutividade em água, L:S=2:1 ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ )	$190 \pm 1$	Não salino <sup>(a)</sup>
Matéria Orgânica (%)	$1,6 \pm 0,2$	Baixo <sup>(a)</sup>
Calcário (% $\text{CaCO}_3$ )	$8 \pm 1$	
N-Kjeldahl (% N)	$0,25 \pm 0,01$	
$\text{N-NO}_3^-$ ( $\text{mg N.kg}^{-1}$ )	$0,8 \pm 0,1$	Baixo <sup>(a)</sup>
$\text{N-NO}_2^-$ ( $\text{mg N.kg}^{-1}$ )	$0,04 \pm 0,01$	
$\text{N-NH}_4^+$ ( $\text{mg N.kg}^{-1}$ )	$1,4 \pm 0,1$	
Fósforo extraível ( $\text{mg P.kg}^{-1}$ )	$111 \pm 2$	Alto <sup>(a)</sup>
Potássio extraível ( $\text{mg K.kg}^{-1}$ )	$230 \pm 20$	Alto <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Benton Jones (2002)

**Quadro 3.2** - Valores em kg/ha até 30 cm de profundidade

Constituinte	kg/ha
Matéria Orgânica	62400
N-Kjeldahl	9750
$\text{N-NO}_3^-$	3,1
$\text{N-NO}_2^-$	0,16
$\text{N-NH}_4^+$	5,5
Fósforo extraível	433
Potássio extraível	897

Como já foi referido, os campos de teste estavam localizados em terrenos que passaram para a administração da Reitoria da Universidade Nova de Lisboa, em virtude da construção da Residência Universitária Fraústo da Silva. Não foi possível precisar a data em que aqueles terrenos teriam sido cultivados pela última vez, antes da instalação dos campos de teste. A Residência entrou em funcionamento em Outubro de 2001. Considerando o tempo decorrido entre a aquisição dos terrenos e o início das obras, o tempo de execução da obra e restantes infra-estruturas e considerando que os ensaios de campo se iniciaram em Maio de 2003, estima-se que tenham passado, pelo menos, cinco anos desde que os terrenos foram cultivados pela última vez.

Como se pode verificar por observação da figura 3.21, no início dos trabalhos de lavoura existia uma densa cobertura de vegetação herbácea, que foi incorporada no solo. O valor da massa seca da parte aérea da vegetação foi avaliado em cinco “quadrats” de um  $\text{m}^2$  de área, distribuídos de forma aleatória pelo terreno. O valor médio obtido foi  $1431 \text{ g.m}^{-2}$  ( $14,3 \text{ t.ha}^{-1}$ ), com um desvio padrão de  $371 \text{ g.m}^{-2}$  ( $3,7 \text{ t.ha}^{-1}$ ). Esta matéria vegetal apresentou teores de matéria orgânica



(perda por ignição) de  $88,5 \pm 1,2\%$ , azoto Kjeldahl de  $9,3 \pm 3,0 \text{ g.kg}^{-1}$  e fósforo total de  $1,3 \pm 0,1 \text{ g.kg}^{-1}$ . A sua incorporação foi, portanto, um importante contributo para a reserva de matéria orgânica e nutrientes do solo.

A vegetação era composta por uma grande diversidade de espécies, de entre as quais foi possível identificar visualmente, como mais representativas, diversas representantes das Famílias **Poaceae** (Géneros *Avena*, *Lolium*, entre outros não identificados), **Fabaceae** (*Vicia* e *Trifolium*), **Brassicaceae** (*Brassica*, *Sinapis* e *Raphanus*), **Asteraceae** (*Sonchus*, *Cynara* e *Chrysanthemum*), **Malvaceae** (*Malva*), **Myrsinaceae** (*Anagallis*), **Oxalidaceae** (*Oxalis*), **Solanaceae** (*Solanum nigrum*), **Papaveraceae** (*Papaver*).

Nas bordaduras existiam algumas manchas significativas de **Apiaceae** (*Foeniculum vulgare*), **Rosaceae** (*Rubus ulmifolius*) e **Poaceae** (*Arundo donax*).



**Figura 3.21** - Coberto vegetal no início dos trabalhos de lavoura, em Maio de 2003.

### 3.3 Produção de biomassa

Nesta secção é feita a apresentação cronológica dos dados de produção de biomassa obtidos nos diversos anos de ensaio. Em primeiro lugar são apresentados os dados relativos aos ensaios SVD (secção 3.3.1) e seguidamente os correspondentes aos ensaios NI (secção 3.3.2). Dentro de cada sub-secção os resultados são apresentados pela sequência anual. Em cada ano, a sequência de apresentação inicia-se por um quadro que resume os eventos significativos para o ensaio nesse ano. Segue-se um quadro em que são resumidas as condições prevaletentes no decorrer do ensaio, contendo informação sobre a idade térmica da cultura, radiação global, evapotranspiração, rega e precipitação acumuladas em cada data de amostragem. Este quadro contém também o cálculo da relação entre a evapotranspiração potencial e a água total fornecida à cultura, em cada intervalo entre datas de colheita de amostras. Segue-se a apresentação dos dados de produção de biomassa e eventuais comentários.

#### 3.3.1 Campos SVD

##### 3.3.1.1 Ano de 2003

**Quadro 3.3 - Eventos significativos nos campos SVD, em 2003**

SVD	S <sub>1</sub>				S <sub>2</sub>			
	V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>		V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>	
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Data de Sementeira	26/06/2003				11/07/2003			
50% Emergência	4 DAS <sub>1</sub> 45,8 GDC				4 DAS <sub>2</sub> 48,6 GDC			
Taxa total de Emergência	90 ± 10%		85 ± 5%		90 ± 10%		85 ± 5%	
50% Floração	24/10/2003 ± 3 dias 117 a 123 DAS <sub>1</sub> 1337 a 1363 GDC 620 a 636 kWh/m <sup>2</sup> 10h 51min Fot				30/10/2003 ± 4 dias 107 a 115 DAS <sub>2</sub> 1213 a 1254 GDC 531 a 551 kWh/m <sup>2</sup> 10h 37min Fot			
Maturação da Semente	Não foi produzida semente							

**Quadro 3.4 – Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S<sub>1</sub>, em 2003**

Datas de amostragem	11-Ago-03	25-Ago-03	08-Set-03	22-Set-03	13-Out-03	10-Nov-03	5-Jan-04
Dias após S <sub>1</sub>	46	60	74	88	109	137	193
Grau.dia de cresc.	581,1	767,6	908,6	1091,4	1284,3	1436,6	1553
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )	297,4	374,9	449	518,9	596,2	665	757,2
ETp acum. (mm)	183	237	286	331	385	439	496
Prec acum (mm)	5,8	5,9	37,2	37,8	131,2	246,3	364,1
Rega acum (mm)	225,4	294	354,2	413	446,6	446,6	446,6
Água total acum (mm)	231,2	299,9	391,4	450,8	577,8	692,9	810,7
Água total em percent da ETp no intervalo	126,3%	127,2%	186,7%	132,0%	235,2%	213,1%	206,7%

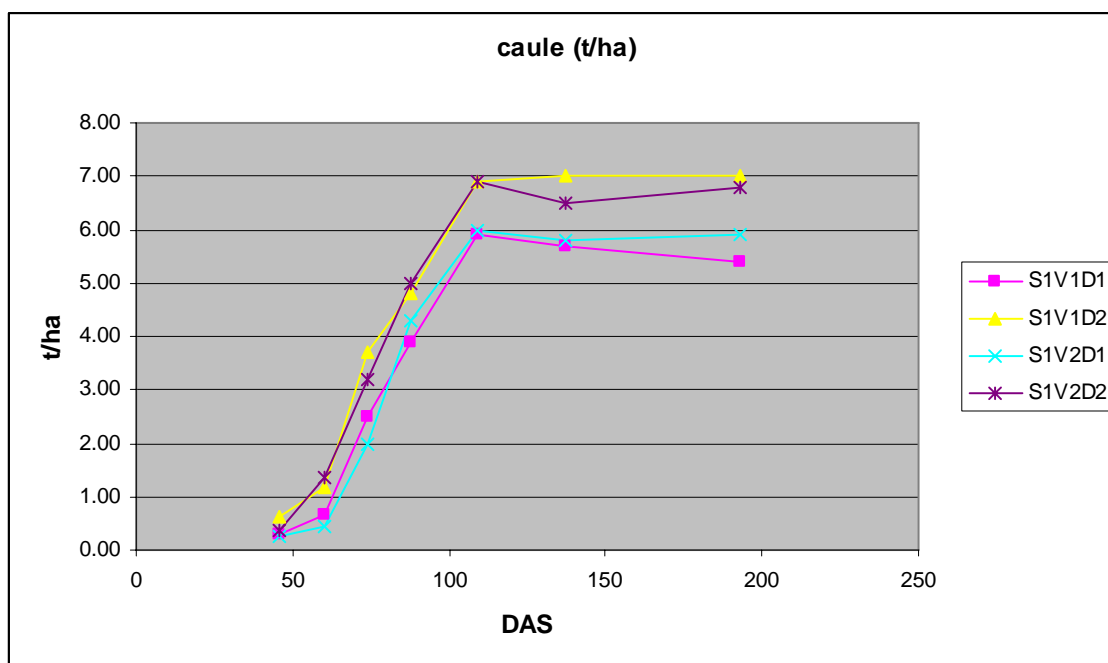
Nos campos S<sub>1</sub>, verificou-se que o aumento da biomassa do caule se processou de forma aproximadamente linear, entre os 60 DAS e os 109 DAS. Neste período, os incrementos médios diários observados variaram entre 0,107 t.ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, no campo S<sub>1</sub>V<sub>1</sub>D<sub>1</sub> e 0,117 t.ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> no campo



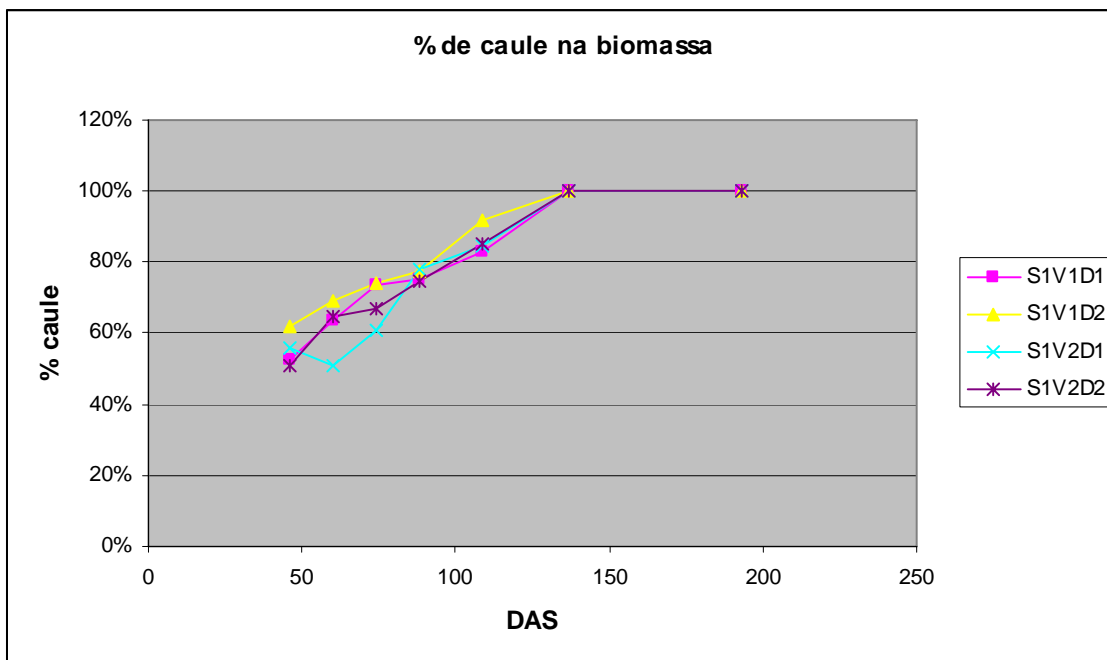
S<sub>1</sub>V<sub>2</sub>D<sub>1</sub>, apresentando um valor médio entre os quatro campos de 0,113 e um desvio padrão de 0,004. Os valores máximos de biomassa foliar foram atingidos entre os 74 DAS (8 de Setembro) e os 88 DAS (22 de Setembro). Embora a irrigação tenha parado a 30 de Setembro (96 DAS), o kenaf ainda preservava uma parte significativa da massa foliar em 13 de Outubro. Os campos apresentaram 50% ou mais das plantas em flor entre 21 e 27 de Outubro, com a duração do dia inferior a onze horas. Entre a sementeira (26 de Junho) e o dia 21 de Outubro (117 DAS), a cultura acumulou 1337 grau.dia de crescimento, acima da temperatura-base de 10 °C. A 10 de Novembro (137 DAS) a defoliação estava completa em todos os campos e não foi verificado aumento significativo da biomassa do caule a partir de 13 de Outubro.

**Quadro 3.5 - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>1</sub> no ensaio de 2003, em t/ha.**

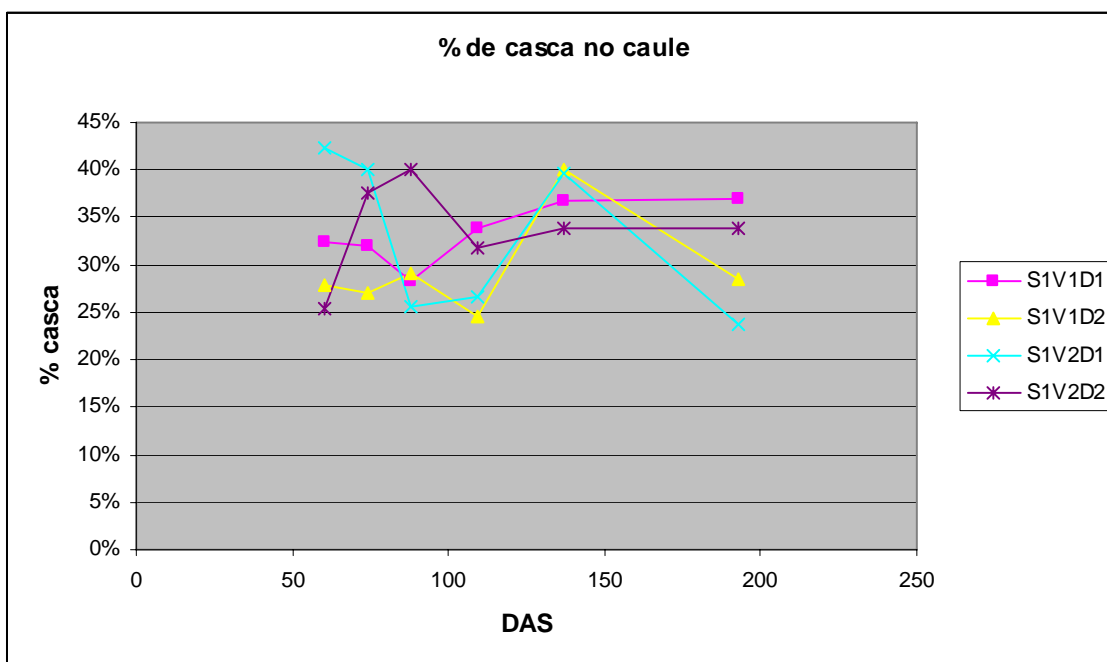
Datas de amostragem		11 Ago	25 Ago	08 Set	22 Set	13 Out	10 Nov	05 Jan 04
Dias após S <sub>1</sub>		46	60	74	88	109	137	193
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,26	0,37	0,90	1,30	1,20	0,00	0,00
	Caule	0,29	0,65	2,50	3,90	5,90	5,70	5,40
	Casca		0,21	0,80	1,10	2,00	2,10	2,00
	Cerne		0,44	1,70	2,80	3,90	3,60	3,40
	Total	0,55	1,02	3,40	5,20	7,10	5,70	5,40
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,39	0,53	1,30	1,40	0,60	0,00	0,00
	Caule	0,63	1,18	3,70	4,80	6,90	7,00	7,00
	Casca		0,33	1,00	1,40	1,70	2,80	2,00
	Cerne		0,85	2,70	3,40	5,20	4,20	5,00
	Total	1,02	1,71	5,00	6,20	7,50	7,00	7,00
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,19	0,43	1,30	1,20	1,10	0,00	0,00
	Caule	0,24	0,45	2,00	4,30	6,00	5,80	5,90
	Casca		0,19	0,80	1,10	1,60	2,30	1,40
	Cerne		0,26	1,20	3,20	4,40	3,50	4,50
	Total	0,43	0,88	3,30	5,50	7,10	5,80	5,90
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,37	0,73	1,60	1,70	1,20	0,00	0,00
	Caule	0,38	1,34	3,20	5,00	6,90	6,50	6,80
	Casca		0,34	1,20	2,00	2,20	2,20	2,30
	Cerne		1,00	2,00	3,00	4,70	4,30	4,50
	Total	0,75	2,07	4,80	6,70	8,10	6,50	6,80



**Figura 3.22 - Evolução da produtividade de caule (campos S<sub>1</sub>, 2003).**



**Figura 3.23** - Evolução da porcentagem de caule na biomassa (campos S<sub>1</sub>, 2003).



**Figura 3.24** - Evolução da porcentagem de casca no caule (campos S<sub>1</sub>, 2003).

A porcentagem de caule na biomassa aumentou de forma aproximadamente linear, entre os 46 DAS e os 137 DAS. Não se observou a existência de um padrão de variação temporal bem definido para a porcentagem de casca no caule. Por uma questão de geometria, e admitindo que a espessura da casca permanece aproximadamente constante, poder-se-ia esperar que se observasse uma diminuição do peso relativo da casca na constituição do caule, à medida que este aumenta o seu diâmetro, com o crescimento. No entanto, isso não foi observado neste

conjunto de campos. Na data de amostragem com menor variabilidade entre colheitas (10 de Novembro, 137 DAS), os valores situaram-se entre os 30% e 40%.

**Quadro 3.6** - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S<sub>2</sub>, em 2003

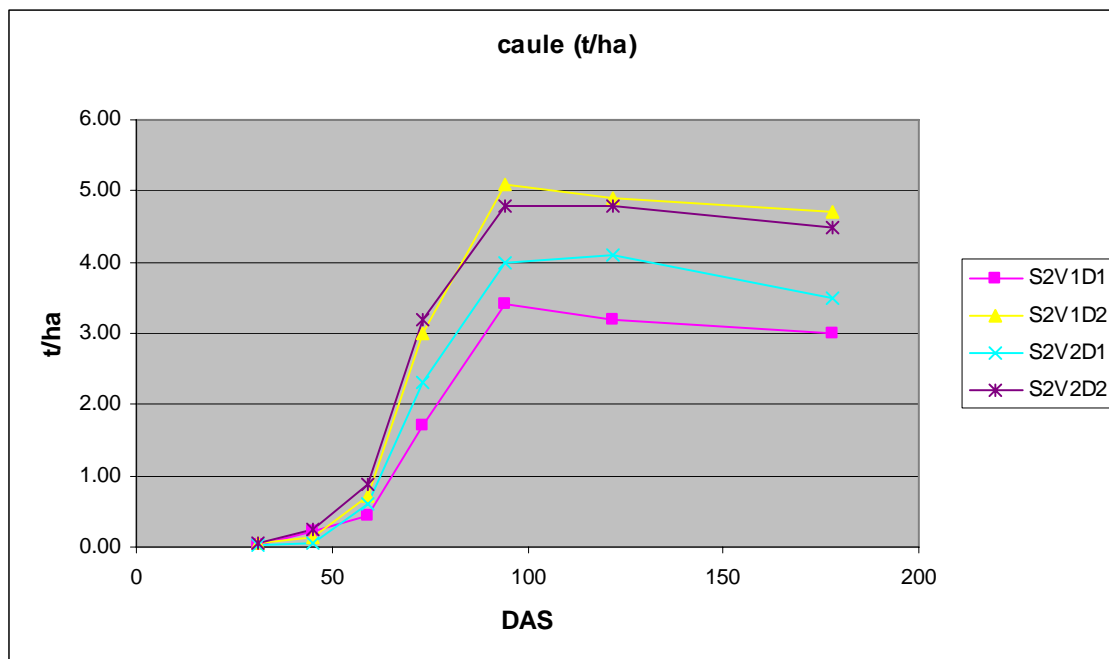
Datas de amostragem	11 Ago 03	25 Ago 03	08 Set 03	22 Set 03	13 Out 03	10-Nov- 03	05-Jan- 04
Dias após S <sub>2</sub>	31	45	59	73	94	122	178
Grau.dia de cresc.	437,1	623,6	764,6	947,4	1140,3	1292,6	1409
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )	195,4	272,9	347,1	416,9	494,2	563	655,7
ETp acum. (mm)	126	180	229	274	329	382	439
Prec acum (mm)	1,9	2	33,3	33,9	127,3	242,4	360,2
Rega acum (mm)	151,9	220,5	280,7	339,5	373,1	373,1	373,1
Água total acum (mm)	153,8	222,5	314	373,4	500,4	615,5	733,3
Água total em percent da ETp no intervalo	122,1%	127,2%	186,7%	132,0%	230,9%	217,2%	206,7%

**Quadro 3.7** - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>2</sub> no ensaio de 2003, em t/ha.

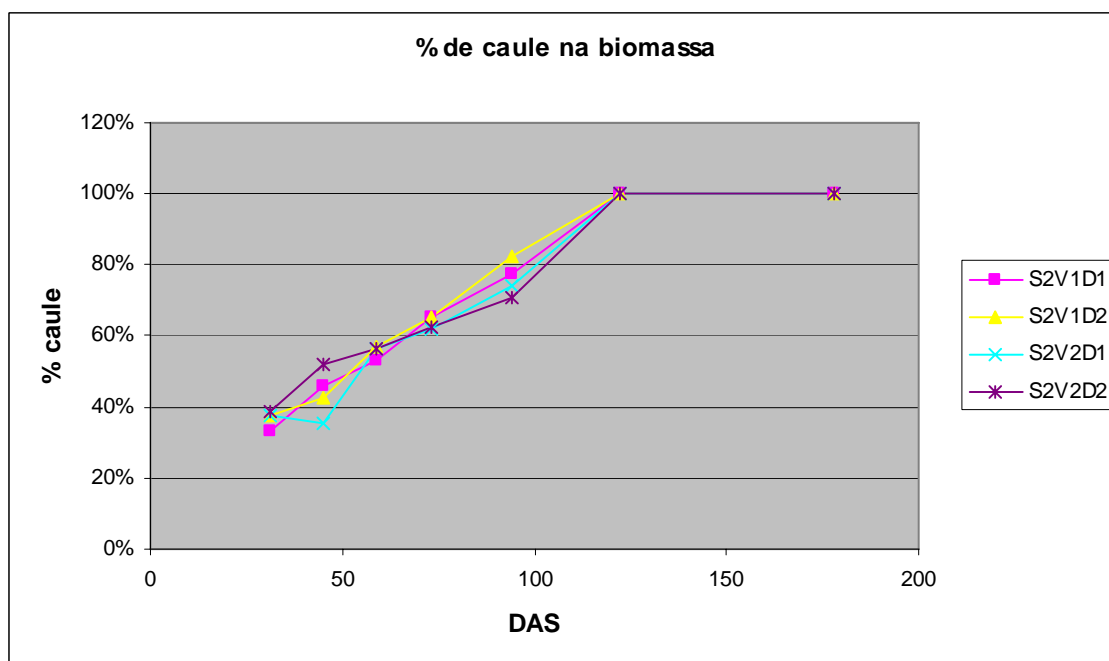
Datas de amostragem		11 Ago	25 Ago	08 Set	22 Set	13 Out	10 Nov	05 Jan 04
Dias após S <sub>2</sub>		31	45	59	73	94	122	178
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,08	0,25	0,39	0,90	1,00	0,00	0,00
	Caule	0,04	0,21	0,44	1,70	3,40	3,20	3,00
	Casca		0,10	0,19	0,70	1,20	1,60	1,10
	Cerne		0,11	0,25	1,00	2,20	1,60	1,90
	Total	0,12	0,46	0,83	2,60	4,40	3,20	3,00
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,10	0,19	0,54	1,60	1,10	0,00	0,00
	Caule	0,06	0,14	0,72	3,00	5,10	4,90	4,70
	Casca		0,07	0,32	1,10	2,20	1,80	1,70
	Cerne		0,07	0,40	1,90	2,90	3,10	3,00
	Total	0,16	0,33	1,26	4,60	6,20	4,90	4,70
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,05	0,11	0,47	1,40	1,40	0,00	0,00
	Caule	0,03	0,06	0,61	2,30	4,00	4,10	3,50
	Casca		0,03	0,22	0,80	2,10	1,60	1,40
	Cerne		0,03	0,39	1,50	1,90	2,50	2,10
	Total	0,08	0,17	1,08	3,70	5,40	4,10	3,50
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,08	0,22	0,69	1,90	2,00	0,00	0,00
	Caule	0,05	0,24	0,89	3,20	4,80	4,80	4,50
	Casca		0,10	0,32	1,10	2,00	2,20	1,70
	Cerne		0,14	0,57	2,10	2,80	2,60	2,80
	Total	0,13	0,46	1,58	5,10	6,80	4,80	4,50

Nos campos S<sub>2</sub>, verificou-se que o período de maior aumento da biomassa do caule se processou entre os 59 DAS e os 94 DAS. Neste período, os incrementos médios diários observados variaram entre 0,084 t.ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>, no campo S<sub>2</sub>V<sub>1</sub>D<sub>1</sub> e 0,123 t.ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup> no campo S<sub>2</sub>V<sub>1</sub>D<sub>2</sub>, apresentando um valor médio entre os quatro campos de 0,103 e um desvio padrão de 0,017. Os valores máximos de biomassa foliar foram atingidos entre os 73 DAS (22 de Setembro) e os 88 DAS (13 de Outubro), embora a rega tenha parado em 30 de Setembro. Os campos apresentaram 50% ou mais das plantas em flor entre 26 de Outubro e 3 de Novembro, com a duração do dia inferior a onze horas. Entre a sementeira (11 de Julho) e o dia 26 de Outubro (107 DAS), a cultura acumulou 1213 grau.dia de crescimento, acima da temperatura-base de 10 °C. A 10 de Novembro (122 DAS) a defoliação estava completa em todos os campos e não foi verificado aumento significativo da biomassa do caule a partir de 13 de Outubro. A percentagem de caule na biomassa aumentou de forma aproximadamente linear, entre os 31 DAS e os 122 DAS. Não se observou a existência de um padrão de variação temporal bem definido para a

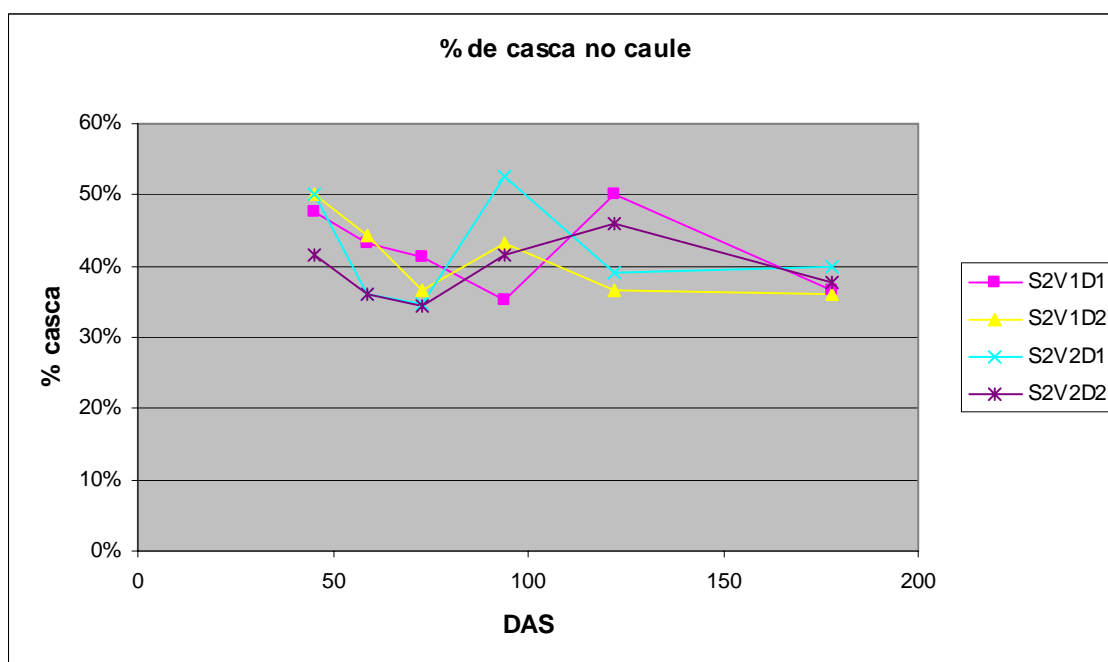
percentagem de casca no caule. Na data de amostragem com menor variabilidade entre colheitas (178 DAS), os valores situaram-se entre os 35% e 40%.



**Figura 3.25** - Evolução da produtividade de caule (campos S<sub>2</sub>, 2003).



**Figura 3.26** - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S<sub>2</sub>, 2003).



**Figura 3.27** - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S<sub>2</sub>, 2003).

### 3.3.1.2 Ano de 2004

**Quadro 3.8** - Eventos significativos nos campos SVD, em 2004.

SVD	S <sub>1</sub>				S <sub>2</sub>			
	V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>		V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>	
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Data de Sementeira	12/07/2004				02/08/2004			
50% Emergência	4 DAS <sub>1</sub> 61,7 GDC				4 DAS <sub>2</sub> 57,6 GDC			
Taxa total de Emergência	90 ± 10%		90 ± 5%		90 ± 10%		90 ± 5%	
50% Floração	20/10/2004 ± 4 dias 96 a 104 DAS <sub>1</sub> 1060 a 1117 GDC 496 a 512 kWh/m <sup>2</sup> 11h 00min Fot				03/11/2004 ± 5 dias 88 a 98 DAS <sub>2</sub> 870 a 922 GDC 389 a 410 kWh/m <sup>2</sup> 10h 28min Fot			
Maturação da Semente	Não foi produzida semente							

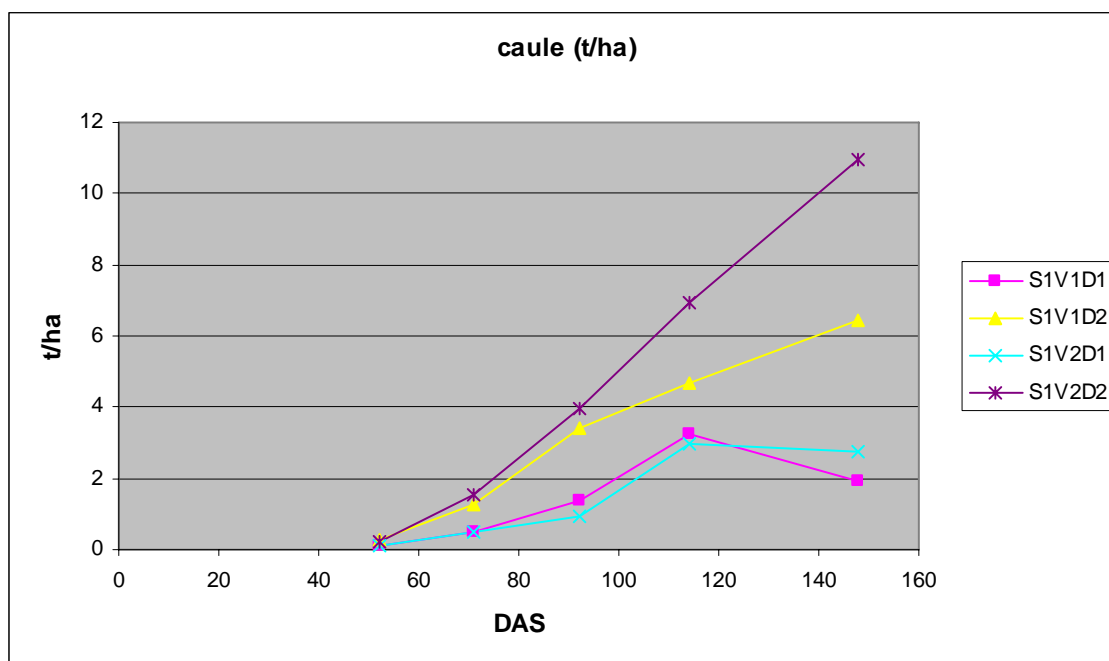
**Quadro 3.9** - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S<sub>1</sub>, em 2004

Datas de amostragem	02-09-2004	21-09-2004	12-10-2004	03-11-2011	07-12-2004
Dias após S <sub>1</sub>	52	71	92	114	148
Grau.dia de cresc.	636,3	832,1	1037,2	1166,8	1248,1
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )	307	396,8	483,4	531,6	592,6
ETp acum. (mm)	206	267	322	369	411
Prec acum (mm)	28	44,2	49,4	154,7	195,8
Rega acum (mm)	329,7	439,8	491,9	491,9	491,9
Água total acum (mm)	357,7	484,0	541,3	646,6	687,7
Água total em percent da ETp no intervalo	173,6%	207,0%	104,3%	224,0%	97,9%

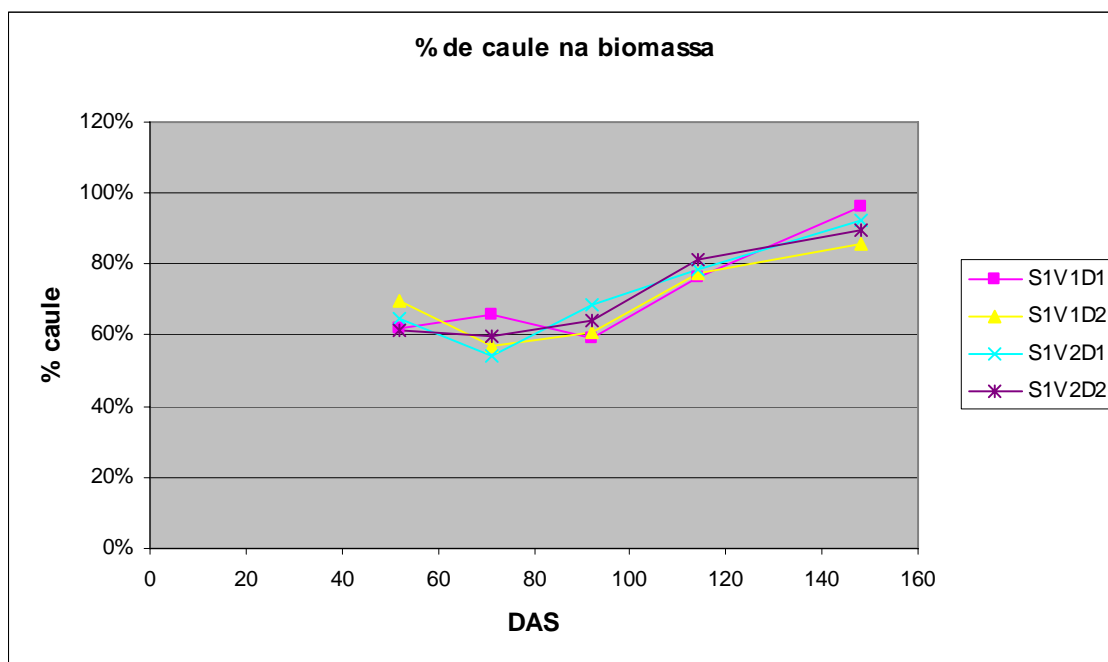
No ano de 2004, a sementeira foi realizada muito tarde. Devido a isso, a produção de biomassa foi muito baixa, só tendo sido atingidos valores de alguma relevância nos campos S1, com a densidade D2. A composição relativa da biomassa foi semelhante à obtida no ano anterior. Apesar da data tardia da sementeira, o período de floração ocorreu em datas com um desfazamento inferior ao existente em relação às datas de sementeira, indicando a influência do fotoperíodo na floração da planta. Em todos os campos semeados em S1 ainda existiu algum crescimento de biomassa após o período de floração.

**Quadro 3.10 - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>1</sub> no ensaio de 2004, em t/ha.**

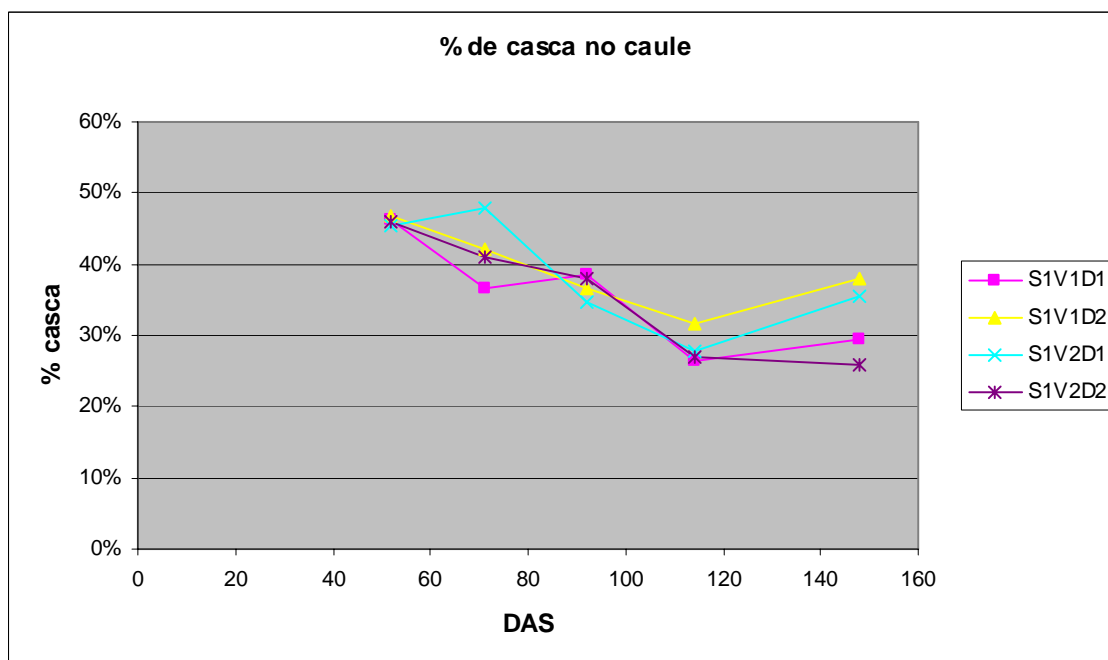
Datas de amostragem		02 Set	21 Set	12 Out	03 Nov	07 Dez
Dias após S <sub>1</sub>		52	71	92	114	148
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,08	0,27	0,96	1,02	0,08
	Caule	0,13	0,52	1,40	3,27	1,93
	Casca	0,06	0,19	0,54	0,86	0,57
	Cerne	0,07	0,32	0,87	2,41	1,37
	Total	0,21	0,79	2,36	4,28	2,01
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,12	0,96	2,18	1,37	1,09
	Caule	0,30	1,28	3,43	4,70	6,45
	Casca	0,14	0,54	1,26	1,49	2,45
	Cerne	0,16	0,74	2,18	3,21	4,00
	Total	0,43	2,24	5,62	6,07	7,54
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,07	0,41	0,44	0,81	0,24
	Caule	0,11	0,48	0,95	2,95	2,77
	Casca	0,05	0,23	0,33	0,82	0,98
	Cerne	0,06	0,25	0,62	2,13	1,78
	Total	0,17	0,89	1,39	3,75	3,00
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,16	1,05	2,21	1,59	1,30
	Caule	0,24	1,54	3,94	6,91	10,96
	Casca	0,11	0,63	1,50	1,86	2,83
	Cerne	0,13	0,91	2,44	5,05	8,13
	Total	0,39	2,59	6,15	8,50	12,26



**Figura 3.28 - Evolução da produção de caule (campos S<sub>1</sub>, 2004).**



**Figura 3.29** - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S<sub>1</sub>, 2004).



**Figura 3.30** - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S<sub>1</sub>, 2004).

**Quadro 3.11** - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S<sub>2</sub>, em 2004

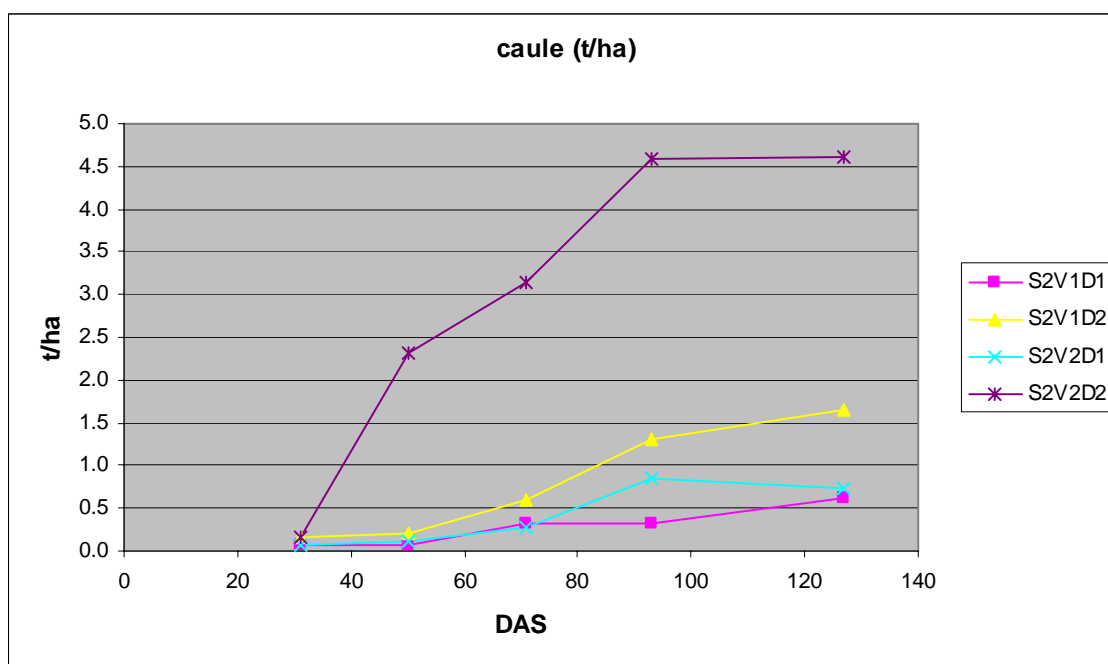
Datas de amostragem	02-09-2004	21-09-2004	12-10-2004	03-11-2011	07-12-2004
Dias após S <sub>2</sub>	31	50	71	93	127
Grau.dia de cresc.	362	557,8	762,9	892,5	973,8
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )	175	264,8	351,5	399,6	460,7
ETp acum. (mm)	123	184	239	286	328
Prec acum (mm)	28	44,2	49,4	154,7	195,8
Rega acum (mm)	197,9	308,0	360,2	360,2	360,2
Água total acum (mm)	225,9	352,2	409,6	514,9	556,0
Água total em percent da ETp no intervalo	183,7%	207,0%	104,3%	224,0%	97,9%

A data tardia de sementeira teve o seu efeito mais significativo nos resultados da produção dos campos semeados em S<sub>2</sub>. Apenas no campo S<sub>2</sub>V<sub>2</sub>D<sub>2</sub> foi obtido um quantitativo máximo de biomassa acima das 5 t/ha.

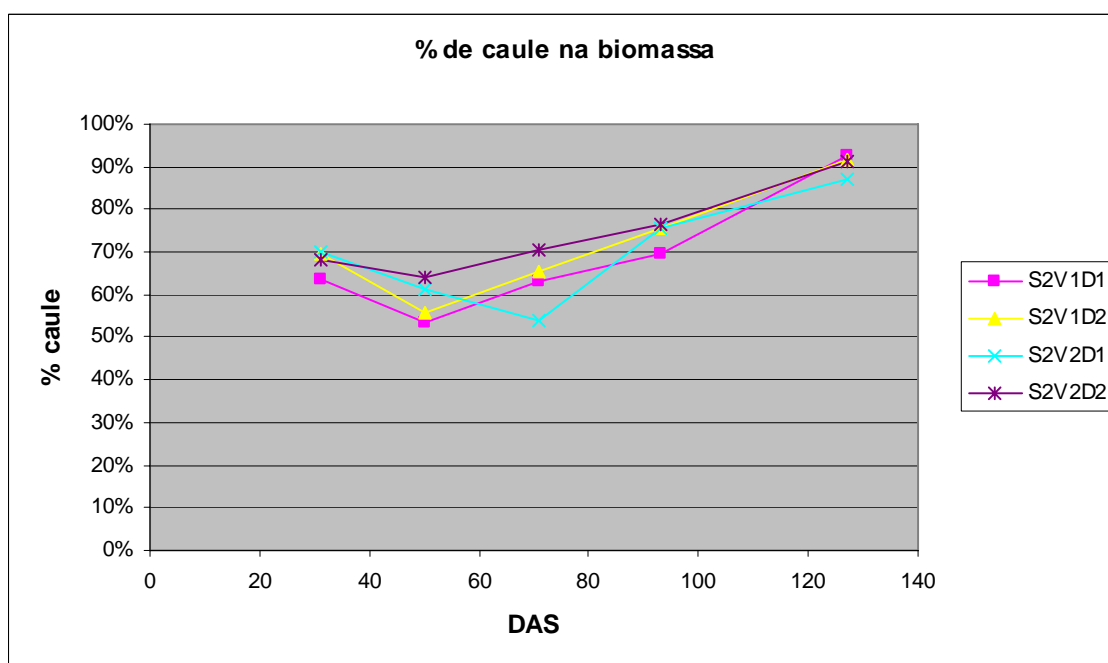
**Quadro 3.12** - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>2</sub> no ensaio de 2004, em t/ha.

Datas de amostragem		02 Set	21 Set	12 Out	03 Nov	07 Dez
Dias após S <sub>2</sub>		31	50	71	93	127
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,04	0,07	0,18	0,14	0,05
	Caule	0,07	0,08	0,31	0,32	0,62
	Casca	0,03	0,04	0,13	0,13	0,21
	Cerne	0,04	0,04	0,19	0,19	0,41
	Total	0,11	0,15	0,49	0,46	0,67
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,07	0,16	0,32	0,42	0,15
	Caule	0,16	0,20	0,60	1,31	1,64
	Casca	0,11	0,10	0,20	0,38	0,52
	Cerne	0,06	0,10	0,40	0,93	1,12
	Total	0,23	0,36	0,92	1,73	1,79
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	0,04	0,07	0,24	0,28	0,12
	Caule	0,07	0,11	0,28	0,86	0,73
	Casca	0,03	0,05	0,13	0,23	0,21
	Cerne	0,04	0,05	0,15	0,64	0,52
	Total	0,10	0,18	0,52	1,14	0,84
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	0,07	1,28	1,31	1,40	0,43
	Caule	0,15	2,32	3,14	4,58	4,61
	Casca	0,09	1,04	1,08	1,23	1,15
	Cerne	0,06	1,28	2,06	3,35	3,46
	Total	0,22	3,61	4,45	5,98	5,04

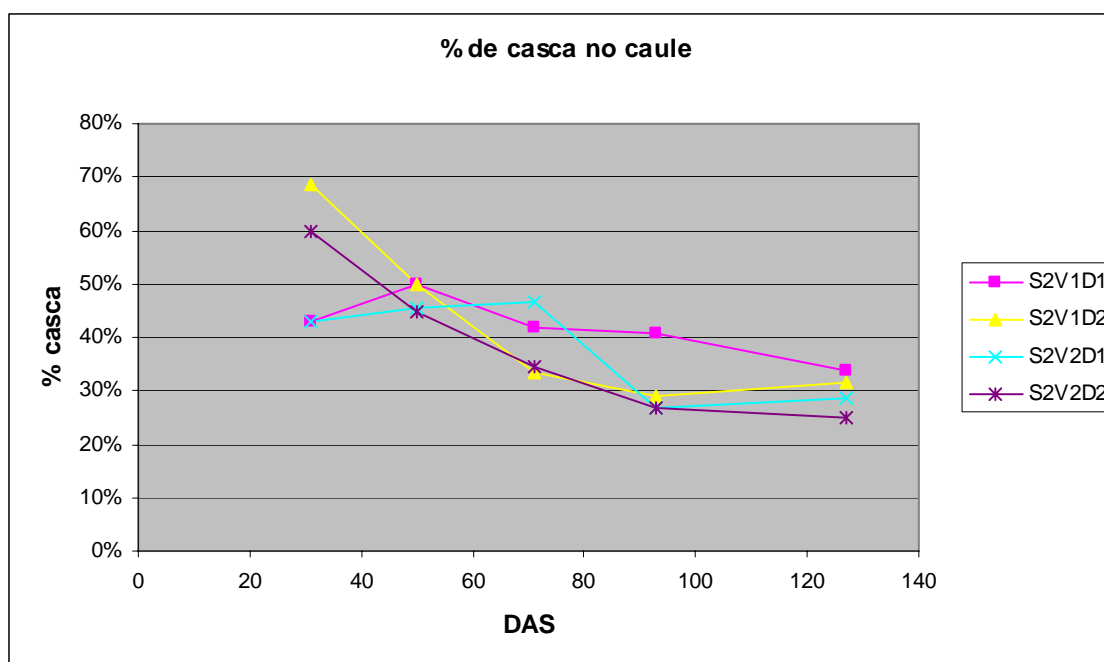




**Figura 3.31** - Evolução da produção de caule (campos S<sub>2</sub>, 2004).



**Figura 3.32** - Evolução da percentagem de caule na biomassa (campos S<sub>2</sub>, 2004).



**Figura 3.33** - Evolução da percentagem de casca no caule (campos S<sub>2</sub>, 2004).

### 3.3.1.3 Ano de 2005

No ano de 2005, a sementeira S1 foi realizada cedo. Isto resultou na obtenção de quantitativos de biomassa bastante interessantes, nomeadamente nos campos com a densidade D2. A sementeira S2 foi realizada cerca de 40 dias após a sementeira S1. No entanto, a floração ocorreu quase simultaneamente nos campos semeados nas diferentes datas. Este ano foi possível obter semente que, após ser submetida a ensaios de germinação, demonstrou ser fértil, tendo mantido a fertilidade por um período superior a dois anos.

**Quadro 3.13** - Eventos significativos nos campos SVD, em 2005

SVD	S <sub>1</sub>				S <sub>2</sub>			
	V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>		V <sub>1</sub>		V <sub>2</sub>	
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
Data de Sementeira	04/05/2005				15/06/2005			
50% Emergência	6 ± 1 DAS <sub>1</sub> 45 a 59 GDC	9 ± 4 DAS <sub>1</sub> 45 a 93 GDC	7 ± 2 DAS <sub>1</sub> 45 a 72 GDC	9 ± 5 DAS <sub>1</sub> 39 a 93 GDC	6 ± 1 DAS <sub>2</sub> 75 a 106 GDC	7 ± 2 DAS <sub>2</sub> 75 a 126 GDC	7 ± 2 DAS <sub>2</sub> 75 a 126 GDC	6 ± 1 DAS <sub>2</sub> 75 a 106 GDC
Taxa total de Emergência	85 ± 6 %	83 ± 7 %	86 ± 7 %	84 ± 7 %	85 ± 5 %	82 ± 5 %	86 ± 5 %	83 ± 6 %
50% Floração	07/10/2005 ± 3 dias 153 a 159 DAS <sub>1</sub> 1629 a 1689 GDC 843 a 860 kWh/m <sup>2</sup> 11h 32min Fot				10/10/2004 ± 5 dias 112 a 122 DAS <sub>2</sub> 1285 a 1370 GDC 596 a 621 kWh/m <sup>2</sup> 11h 24min Fot			
Maturação da Semente	Na amostragem de 05/12/2005 mais de 50% das plantas apresentavam frutos bem desenvolvidos, com semente fértil.							

**Quadro 3.14 - Condições gerais do ensaio para a data de semeadura S<sub>1</sub>, em 2005**

Datas de amostragem	19-07-2005	10-08-2005	30-08-2005	21-09-2005	18-10-2005	05-12-2005
Dias após S <sub>1</sub>	76	98	118	140	167	215
Grau.dia de cresc.	742,3	1010,1	1260,7	1493,5	1743,5	1949
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )	463,9	588,4	697,1	792	878,3	954,7
ETp acum. (mm)	250	337	415	485	554	628
Prec acum (mm)	18,2	26,5	26,8	32,8	86,6	347,3
Rega acum (mm)	524,3	664,0	791,0	930,7	987,9	987,9
Água total acum (mm)	542,5	690,5	817,8	963,5	1074,5	1335,2
Água total em percent da ETp no intervalo	217,0%	170,1%	163,2%	208,1%	160,8%	352,3%

**Quadro 3.15 - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>1</sub>V<sub>1</sub>D<sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha.**

Datas de amostragem		19 Jul	10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>1</sub>		76	98	118	140	167	215	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> Bloco 1	Folhas	0,18	0,47	1,23	3,12	2,72	0,27	
	Caule	0,25	0,74	2,99	7,16	10,49	12,33	
	Casca	0,10	0,31	1,34	2,75	2,99	3,25	
	Cerne	0,14	0,43	1,65	4,41	7,50	9,08	
	Total	0,43	1,21	4,22	10,28	13,21	12,61	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> Bloco 2	Folhas	0,23	0,39	1,23	2,69	3,19	0,71	
	Caule	0,28	0,85	1,67	5,55	13,34	10,30	
	Casca	0,10	0,38	1,11	1,43	3,46	3,46	
	Cerne	0,18	0,48	0,56	4,12	9,88	6,84	
	Total	0,51	1,24	2,90	8,23	16,53	11,01	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> Bloco 3	Folhas	0,15	0,48	1,00	1,59	1,24	0,77	
	Caule	0,17	0,57	1,46	2,41	4,31	7,02	
	Casca	0,08	0,28	0,47	0,76	1,35	1,97	
	Cerne	0,08	0,29	0,99	1,65	2,96	5,05	
	Total	0,32	1,05	2,46	4,00	5,55	7,78	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Média	Folhas	0,19	0,44	1,15	2,47	2,38	0,58
		Caule	0,23	0,72	2,04	5,04	9,38	9,89
		Casca	0,09	0,32	0,97	1,64	2,60	2,89
		Cerne	0,14	0,40	1,07	3,39	6,78	6,99
		Total	0,42	1,17	3,19	7,50	11,77	10,47
	Desvio Padrão	Folhas	0,04	0,05	0,13	0,79	1,02	0,27
		Caule	0,06	0,14	0,83	2,42	4,62	2,68
		Casca	0,01	0,05	0,45	1,01	1,11	0,81
		Cerne	0,05	0,10	0,55	1,52	3,52	2,02
		Total	0,10	0,10	0,92	3,20	5,63	2,46

**Quadro 3.16** - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>1</sub>V<sub>1</sub>D<sub>2</sub> no ensaio de 2005, em t/ha.

Datas de amostragem		19 Jul	10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>1</sub>		76	98	118	140	167	215	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> Bloco 1	Folhas	0,29	1,54	1,73	5,02	5,58	0,88	
	Caule	0,38	2,13	4,43	15,11	20,74	25,55	
	Casca	0,17	0,87	1,67	6,74	6,18	10,49	
	Cerne	0,21	1,26	2,76	8,36	14,56	15,06	
	Total	0,67	3,67	6,16	20,12	26,32	26,43	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> Bloco 2	Folhas	0,57	0,59	3,87	11,01	2,41	1,66	
	Caule	0,33	1,10	5,14	12,36	9,24	13,08	
	Casca	0,17	0,51	2,00	3,30	2,23	5,35	
	Cerne	0,16	0,59	3,14	9,06	7,02	7,73	
	Total	0,90	1,70	9,01	23,36	11,65	14,74	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> Bloco 3	Folhas	0,34	0,87	1,48	2,75	2,11	0,03	
	Caule	0,31	1,50	2,61	9,00	12,31	13,00	
	Casca	0,19	0,47	1,22	1,39	3,29	4,46	
	Cerne	0,12	1,03	1,40	7,61	9,02	8,54	
	Total	0,65	2,37	4,10	11,75	14,42	13,04	
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Média	Folhas	0,40	1,00	2,36	6,26	3,37	0,86
		Caule	0,34	1,58	4,06	12,15	14,10	17,21
		Casca	0,18	0,62	1,63	3,81	3,90	6,77
		Cerne	0,16	0,96	2,43	8,34	10,20	10,45
		Total	0,74	2,58	6,42	18,41	17,46	18,07
	Desvio Padrão	Folhas	0,15	0,49	1,31	4,27	1,92	0,81
		Caule	0,04	0,52	1,30	3,06	5,95	7,23
		Casca	0,01	0,22	0,39	2,71	2,04	3,26
		Cerne	0,05	0,34	0,91	0,72	3,91	4,02
		Total	0,14	1,00	2,46	5,99	7,79	7,29

**Quadro 3.17** - Biomassa aérea seca dos campos S<sub>1</sub>V<sub>2</sub>D<sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha.

Datas de amostragem		19 Jul	10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>1</sub>		76	98	118	140	167	215	
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> Bloco 1	Folhas	0,17	0,59	1,38	1,67	3,04	0,25	
	Caule	0,16	0,83	2,52	4,69	12,61	8,54	
	Casca	0,07	0,30	0,96	1,82	3,43	3,20	
	Cerne	0,09	0,53	1,56	2,87	9,18	5,34	
	Total	0,33	1,42	3,90	6,36	15,65	8,79	
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> Bloco 2	Folhas	0,24	0,80	2,39	3,16	3,67	0,42	
	Caule	0,23	1,03	6,40	8,39	10,67	10,08	
	Casca	0,11	0,45	3,40	2,92	2,92	3,88	
	Cerne	0,13	0,58	3,00	5,47	7,75	6,20	
	Total	0,47	1,83	8,79	11,55	14,33	10,50	
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> Bloco 3	Folhas							
	Caule							
	Casca							
	Cerne							
	Total							
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Média	Folhas	0,20	0,69	1,89	2,42	3,35	0,33
		Caule	0,20	0,93	4,46	6,54	11,64	9,31
		Casca	0,09	0,37	2,18	2,37	3,18	3,54
		Cerne	0,11	0,56	2,28	4,17	8,47	5,77
		Total	0,40	1,62	6,35	8,95	14,99	9,64
	Desvio Padrão	Folhas	0,05	0,14	0,71	1,06	0,44	0,12
		Caule	0,05	0,14	2,74	2,61	1,37	1,09
		Casca	0,02	0,10	1,73	0,78	0,37	0,48
		Cerne	0,02	0,04	1,02	1,83	1,01	0,61
		Total	0,10	0,28	3,46	3,67	0,93	1,21

**Quadro 3.18 - Biomassa aérea dos campos S<sub>1</sub>V<sub>2</sub>D<sub>2</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		19 Jul	10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>1</sub>		76	98	118	140	167	215	
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> Bloco 1	Folhas	0,30	0,74	1,47	3,70	3,98	0,57	
	Caule	0,40	1,26	3,18	15,52	19,00	23,50	
	Casca	0,17	0,46	1,25	6,31	5,69	5,96	
	Cerne	0,23	0,79	1,93	9,21	13,30	17,54	
	Total	0,70	1,99	4,65	19,22	22,98	24,07	
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> Bloco 2	Folhas	0,52	1,60	5,49	4,07	4,48	1,03	
	Caule	0,48	2,70	7,87	8,62	19,89	28,84	
	Casca	0,22	1,02	3,67	3,77	6,07	10,85	
	Cerne	0,26	1,68	4,21	4,84	13,82	17,99	
	Total	1,00	4,30	13,36	12,69	24,37	29,87	
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> Bloco 3	Folhas							
	Caule							
	Casca							
	Cerne							
	Total							
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Média	Folhas	0,41	1,17	3,48	3,89	4,23	0,80
		Caule	0,44	1,98	5,52	12,07	19,44	26,17
		Casca	0,20	0,74	2,46	5,04	5,88	8,40
		Cerne	0,25	1,24	3,07	7,03	13,56	17,77
		Total	0,85	3,15	9,01	15,95	23,67	26,97
	Desvio Padrão	Folhas	0,15	0,61	2,84	0,26	0,35	0,32
		Caule	0,06	1,02	3,32	4,88	0,63	3,77
		Casca	0,03	0,39	1,71	1,79	0,27	3,46
		Cerne	0,02	0,63	1,61	3,09	0,36	0,32
		Total	0,21	1,63	6,16	4,62	0,98	4,10

**Quadro 3.19 - Condições gerais do ensaio para a data de sementeira S<sub>2</sub>, em 2005**

Datas de amostragem	10-08-2005	30-08-2005	21-09-2005	18-10-2005	05-12-2005
Dias após S <sub>2</sub>	56	76	98	125	173
Grau.dia de cresc.	656,5	907,1	1139,9	1389,9	1595,4
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )	337,9	446,7	541,5	627,8	704,3
ETp acum. (mm)	217	295	366	435	508
Prec acum (mm)	9,6	9,9	15,9	69,7	330,4
Rega acum (mm)	366,6	493,6	633,3	690,5	690,5
Água total acum (mm)	376,2	503,5	649,2	760,2	1020,9
Água total em percent da ETp no intervalo	173,4%	163,2%	205,2%	160,8%	357,1%

Como já se referiu anteriormente, a data de sementeira S<sub>2</sub> ocorreu cerca de 40 dias após a S<sub>1</sub>. Tendo a floração ocorrida quase simultaneamente, isto significa que o período de tempo disponível de crescimento vegetativo, para as plantas semeadas em S<sub>2</sub>, foi inferior ao disponível para as plantas semeadas em S<sub>1</sub>. Em alguns campos isto parece ter afectado adversamente a produção de biomassa. No capítulo seguinte, este assunto será discutido com detalhe. Em alguns campos mais produtivos da data de sementeira S<sub>2</sub> existiu crescimento de biomassa após o período de floração.

**Quadro 3.20 - Biomassa aérea dos campos S<sub>2</sub>V<sub>1</sub>D<sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>2</sub>		56	76	98	125	173	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> Bloco 1	Folhas	0,06	0,73	0,84	1,82	0,12	
	Caule	0,09	1,12	1,52	4,11	3,41	
	Casca	0,04	0,47	0,50	1,20	1,04	
	Cerne	0,05	0,65	1,02	2,91	2,37	
	Total	0,15	1,85	2,36	5,93	3,54	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> Bloco 2	Folhas	0,13	0,63	3,57	2,67	0,15	
	Caule	0,14	1,06	2,57	7,93	8,70	
	Casca	0,06	0,44	0,83	2,12	3,05	
	Cerne	0,08	0,63	1,74	5,81	5,65	
	Total	0,27	1,69	6,14	10,60	8,85	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub> Bloco 3	Folhas	0,18	0,72	1,41	1,99	0,61	
	Caule	0,26	0,72	2,90	6,34	6,28	
	Casca	0,11	0,35	1,06	1,52	2,45	
	Cerne	0,15	0,37	1,84	4,82	3,83	
	Total	0,44	1,44	4,31	8,33	6,89	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Média	Folhas	0,12	0,69	1,94	2,16	0,29
		Caule	0,16	0,97	2,33	6,13	6,13
		Casca	0,07	0,42	0,80	1,61	2,18
		Cerne	0,09	0,55	1,53	4,51	3,95
		Total	0,28	1,66	4,27	8,29	6,43
	Desvio Padrão	Folhas	0,06	0,06	1,44	0,45	0,27
		Caule	0,09	0,22	0,72	1,92	2,65
		Casca	0,04	0,06	0,28	0,47	1,03
		Cerne	0,05	0,16	0,45	1,48	1,65
		Total	0,14	0,21	1,89	2,34	2,69

**Quadro 3.21 - Biomassa aérea dos campos S<sub>2</sub>V<sub>1</sub>D<sub>2</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

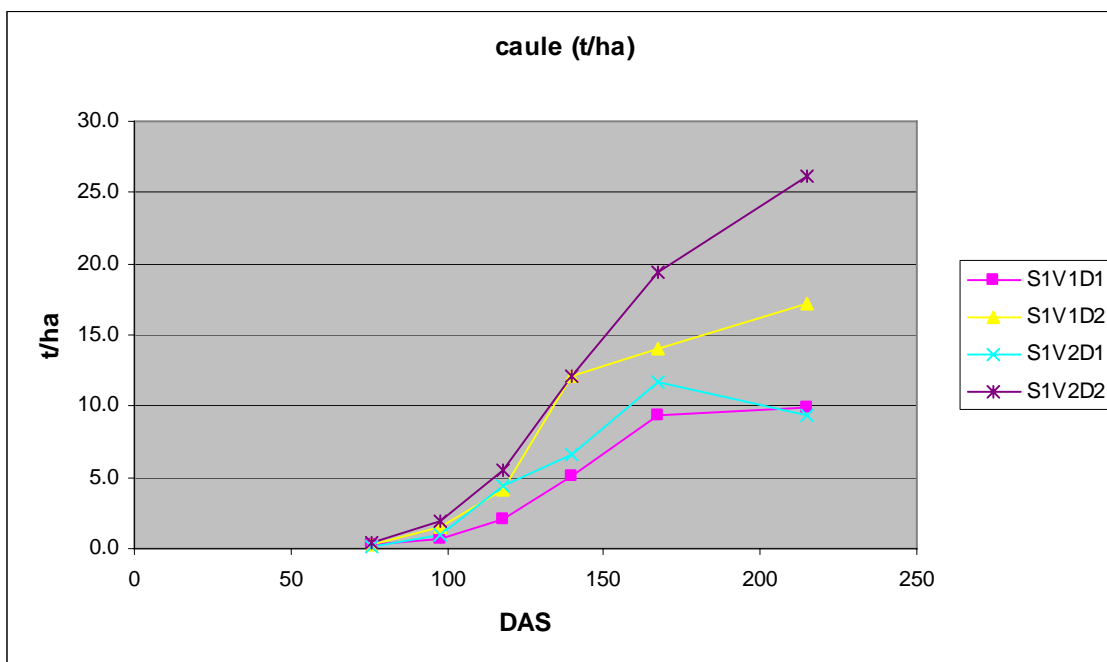
Datas de amostragem		10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>2</sub>		56	76	98	125	173	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> Bloco 1	Folhas	0,20	1,05	2,83	3,71	0,83	
	Caule	0,30	1,68	7,40	13,12	18,94	
	Casca	0,12	0,74	3,36	4,16	5,89	
	Cerne	0,18	0,94	4,04	8,96	13,05	
	Total	0,50	2,73	10,24	16,82	19,76	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> Bloco 2	Folhas	0,32	2,45	4,01	5,21	0,86	
	Caule	0,34	4,68	9,43	18,87	17,97	
	Casca	0,20	1,64	3,25	4,55	5,39	
	Cerne	0,14	3,04	6,18	14,32	12,58	
	Total	0,66	7,13	13,44	24,08	18,83	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub> Bloco 3	Folhas	0,22	1,17	1,69	2,92	0,88	
	Caule	0,42	1,33	5,78	6,84	10,87	
	Casca	0,14	0,60	2,10	2,21	2,84	
	Cerne	0,28	0,72	3,68	4,63	8,03	
	Total	0,64	2,50	7,48	9,76	11,75	
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Média	Folhas	0,25	1,56	2,85	3,95	0,86
		Caule	0,35	2,56	7,54	12,94	15,93
		Casca	0,15	1,00	2,90	3,64	4,70
		Cerne	0,20	1,57	4,63	9,30	11,22
		Total	0,60	4,12	10,38	16,89	16,78
	Desvio Padrão	Folhas	0,06	0,77	1,16	1,17	0,03
		Caule	0,06	1,84	1,82	6,02	4,40
		Casca	0,04	0,56	0,70	1,25	1,63
		Cerne	0,07	1,28	1,35	4,85	2,77
		Total	0,09	2,61	2,98	7,16	4,38

**Quadro 3.22** - Biomassa aérea dos campos S<sub>2</sub>V<sub>2</sub>D<sub>1</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca

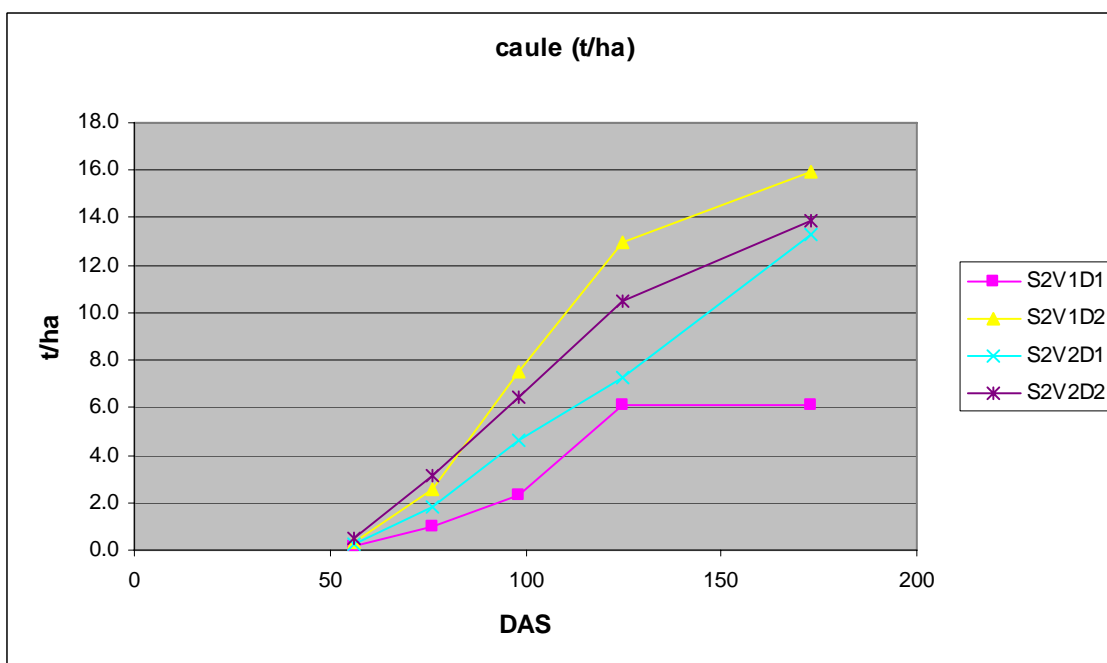
Datas de amostragem		10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>2</sub>		56	76	98	125	173	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> Bloco 1	Folhas	0,17	1,43	2,54	5,67	0,29	
	Caule	0,35	2,70	7,35	13,81	11,03	
	Casca	0,13	0,98	3,68	4,32	4,07	
	Cerne	0,22	1,72	3,67	9,49	6,97	
	Total	0,52	4,14	9,89	19,49	11,32	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> Bloco 2	Folhas	0,16	1,62	1,94	1,38	1,18	
	Caule	0,22	2,19	4,24	4,47	23,05	
	Casca	0,09	0,89	1,33	1,36	3,35	
	Cerne	0,13	1,30	2,91	3,12	19,70	
	Total	0,38	3,80	6,18	5,85	24,23	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub> Bloco 3	Folhas	0,10	0,44	1,30	1,18	0,60	
	Caule	0,15	0,66	2,31	3,39	5,72	
	Casca	0,07	0,27	0,88	0,75	2,08	
	Cerne	0,08	0,40	1,43	2,64	3,64	
	Total	0,25	1,11	3,61	4,57	6,32	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Média	Folhas	0,14	1,16	1,92	2,74	0,69
		Caule	0,24	1,85	4,63	7,23	13,27
		Casca	0,10	0,71	1,97	2,14	3,17
		Cerne	0,14	1,14	2,67	5,08	10,10
		Total	0,38	3,02	6,56	9,97	13,96
	Desvio Padrão	Folhas	0,04	0,22	0,43	2,18	0,45
		Caule	0,10	0,70	1,56	4,86	6,98
		Casca	0,03	0,20	1,20	1,52	0,62
		Cerne	0,08	0,50	0,45	3,33	7,06
		Total	0,13	0,86	1,88	7,02	7,33

**Quadro 3.23** - Biomassa aérea dos campos S<sub>2</sub>V<sub>2</sub>D<sub>2</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		10 Ago	30 Ago	21 Set	18 Out	05 Dez	
Dias após S <sub>2</sub>		56	76	98	125	173	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> Bloco 1	Folhas	0,24	1,54	3,16	4,31	1,79	
	Caule	0,34	4,02	6,61	15,97	16,33	
	Casca	0,16	0,75	2,74	4,34	6,59	
	Cerne	0,19	3,27	3,87	11,63	9,75	
	Total	0,59	5,56	9,77	20,28	18,13	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> Bloco 2	Folhas	0,77	1,17	2,68	2,29	0,31	
	Caule	0,44	2,29	6,43	6,65	16,15	
	Casca	0,19	0,82	2,14	2,12	4,36	
	Cerne	0,25	1,47	4,29	4,54	11,79	
	Total	1,21	3,46	9,11	8,94	16,46	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub> Bloco 3	Folhas	0,41	1,88	2,49	2,78	0,77	
	Caule	0,60	3,05	6,18	8,74	9,20	
	Casca	0,26	1,12	1,79	1,89	3,61	
	Cerne	0,34	1,93	4,38	6,85	5,59	
	Total	1,01	4,92	8,67	11,52	9,97	
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Média	Folhas	0,47	1,53	2,78	3,12	0,96
		Caule	0,46	3,12	6,41	10,46	13,89
		Casca	0,20	0,90	2,22	2,78	4,85
		Cerne	0,26	2,22	4,18	7,67	9,04
		Total	0,94	4,65	9,18	13,58	14,85
	Desvio Padrão	Folhas	0,27	0,35	0,35	1,05	0,76
		Caule	0,13	0,86	0,22	4,89	4,07
		Casca	0,05	0,20	0,48	1,36	1,55
		Cerne	0,08	0,93	0,27	3,62	3,16
		Total	0,32	1,08	0,56	5,94	4,31

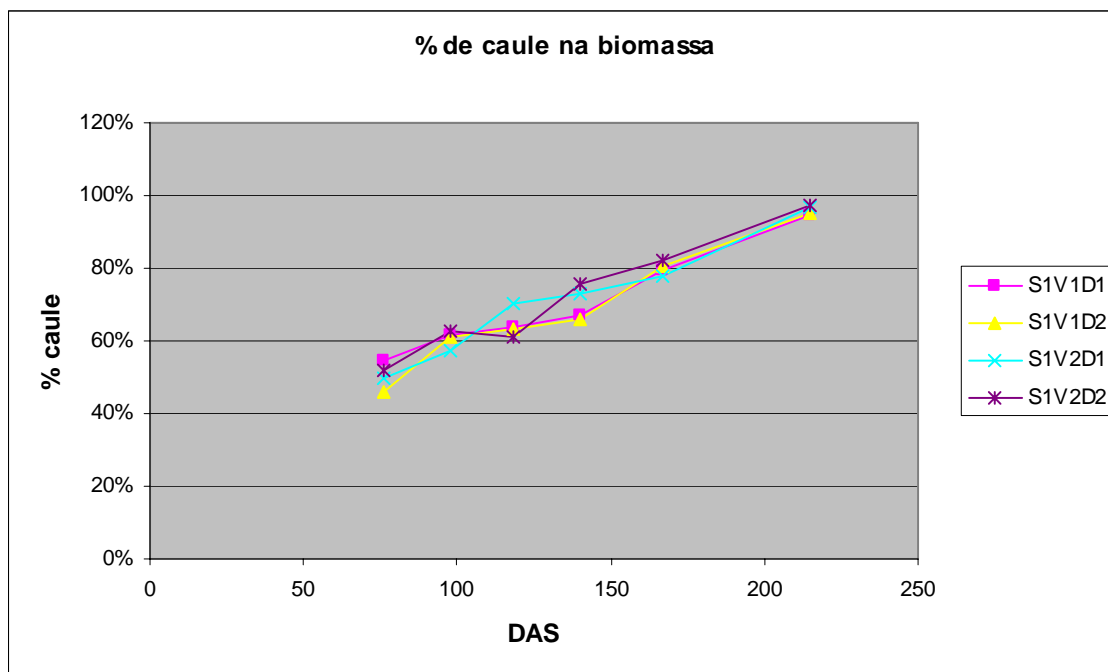


**Figura 3.34** - Evolução da produtividade de caule (valores médios entre os 3 Blocos, campos  $S_1$ , os campos  $S_1V_2D_1$  e  $S_1V_2D_2$  não têm dados referentes ao Bloco 3, 2005).

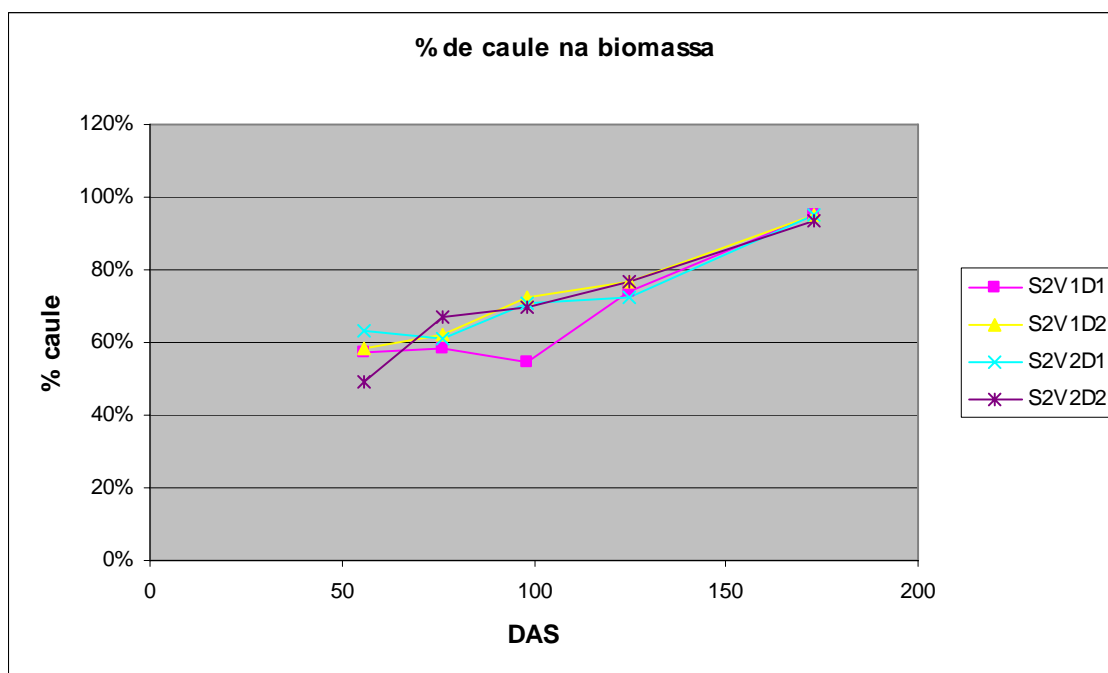


**Figura 3.35** - Evolução da produtividade de caule (valores médios entre os 3 Blocos, campos  $S_2$ , 2005).

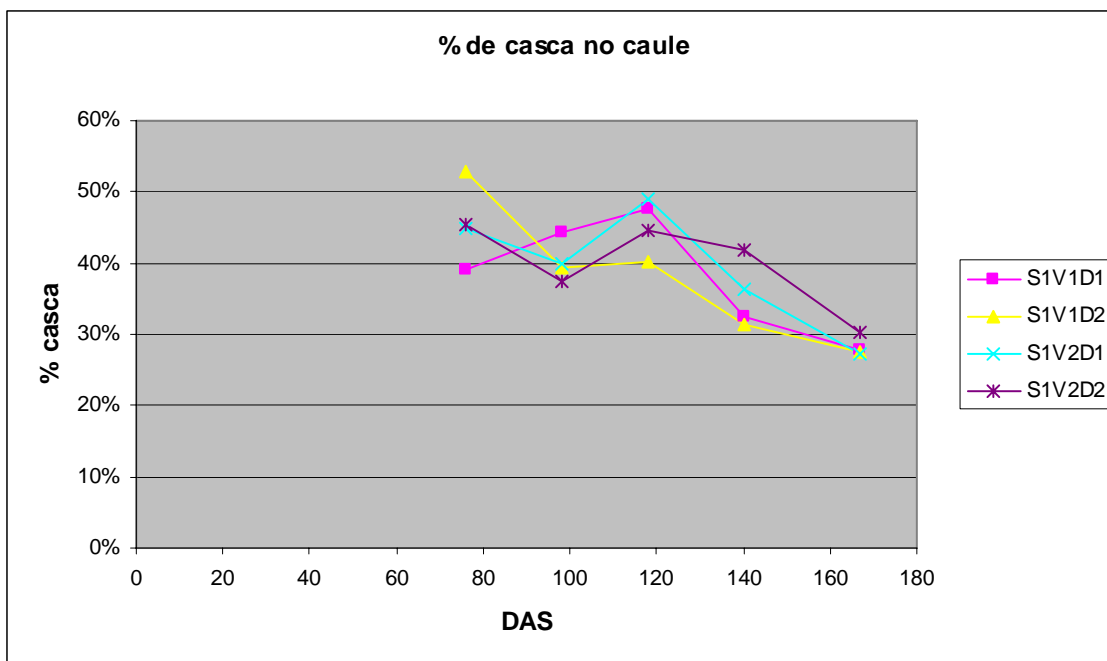




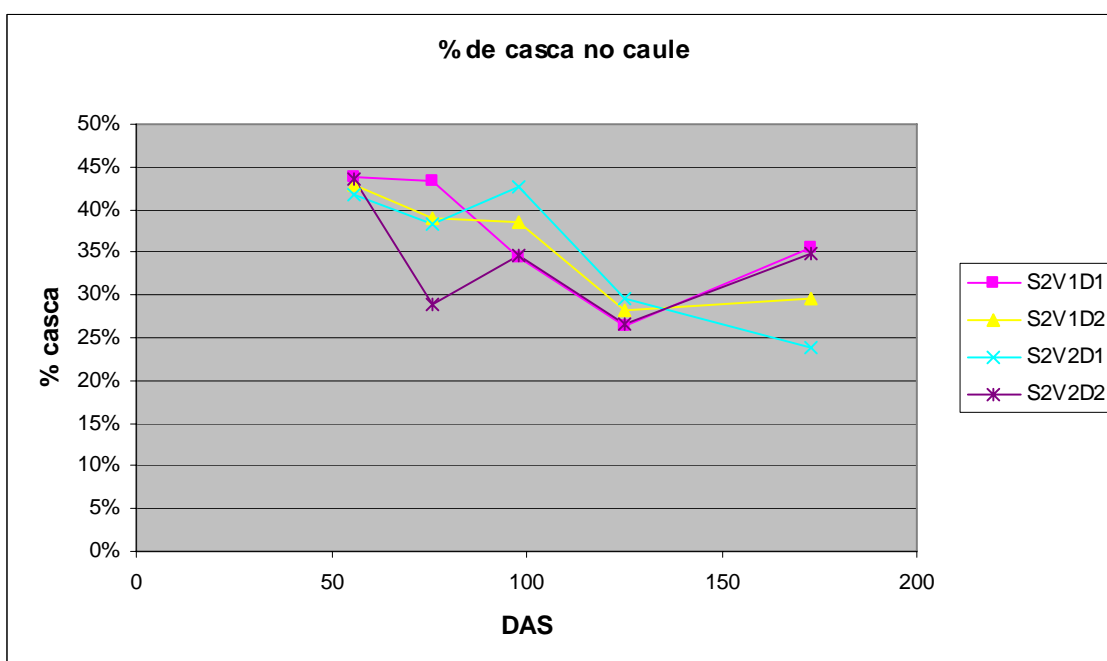
**Figura 3.36** - Evolução da percentagem de caule na biomassa (valores médios entre os 3 Blocos, campos  $S_1$ , os campos  $S_1V_2D_1$  e  $S_1V_2D_2$  não têm dados referentes ao Bloco 3, 2005).



**Figura 3.37** - Evolução da percentagem de caule na biomassa (valores médios entre blocos, campos  $S_2$ , 2005).



**Figura 3.38** - Evolução da percentagem de casca no caule (valores médios entre os 3 Blocos, campos S<sub>1</sub>, os campos S<sub>1</sub>V<sub>2</sub>D<sub>1</sub> e S<sub>1</sub>V<sub>2</sub>D<sub>2</sub> não têm dados referentes ao Bloco 3, 2005).



**Figura 3.39** - Evolução da percentagem de casca no caule (valores médios entre blocos, campos S<sub>2</sub>, 2005).

### 3.3.2 Campos NI

Não são feitos comentários na apresentação de resultados dos campos NI. A influência da adubação azotada e da irrigação são discutidas no capítulo seguinte. Chama-se a atenção para o facto de que a quantidade de água realmente fornecida aos campos foi superior à designação nominal dos tratamentos.

#### 3.3.2.1 Ano de 2003

**Quadro 3.24 - Eventos significativos nos campos NI, em 2003**

NI	I <sub>0</sub>			I <sub>25</sub>			I <sub>50</sub>			I <sub>100</sub>		
	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>
Data de Sementeira	04/07/2003											
50% Emergência	5 DAS; 59 GDC											
Taxa total de Emergência	90 ± 10%											
Diferenciação da Irrigação	15/08/2003; 42 DAS											
50% Floração	Não floriram						27/10/2003 ± 3 dias 111 a 119 DAS 1275 a 1314 GDC 576 a 595 kWh/m <sup>2</sup> 10h 43min Fot					
Maturação da Semente	Não foi produzida semente											

**Quadro 3.25 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2003**

	(04/07/2003 – 14/08/2003)	(15/08/2003 – 30/09/2003)	Total
I <sub>100</sub>	204 ≈ 4,9 mm/d	196 ≈ 4,2 mm/d	400
I <sub>50</sub>	204 ≈ 4,9 mm/d	97 ≈ 2,1 mm/d	301
I <sub>25</sub>	204 ≈ 4,9 mm/d	49 ≈ 1,0 mm/d	253
I <sub>0</sub>	204 ≈ 4,9 mm/d	0	204

**Quadro 3.26 - Condições gerais do ensaio NI em 2003**

Datas de amostragem		08 Ago	23 Ago	05 Set	19 Set	02 Out	07-Nov	08-Jan-04
Dias após Sement		35	50	63	77	90	126	188
Grau.dia de cresc.		449,0	674,3	806,8	986,6	1116,5	1347,9	1483,4
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )		230,7	314,0	381,7	456,3	503,4	610,0	711,6
ETp acum. (mm)		141,8	200,3	247,4	291,9	331,4	406,0	469,1
Prec acum (mm)		1,9	2	33,3	33,9	95,9	219,7	360,2
Rega acum (mm)	I0	170,0	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1	199,1
Água total acum (mm)		171,9	201,1	232,4	233,0	295,0	418,8	559,3
Água total em percent da ETp no intervalo		121,2%	50,0%	66,5%	1,3%	157,0%	166,0%	222,6%
Rega acum (mm)	I25	170,0	208,5	222,1	236,7	248,1	248,1	248,1
Água total acum (mm)		171,9	210,5	255,4	270,6	344,0	467,8	608,3
Água total em percent da ETp no intervalo		121,2%	66,0%	95,2%	34,1%	186,1%	166,0%	222,6%
Rega acum (mm)	I50	170,0	217,7	244,5	273,4	296,1	296,1	296,1
Água total acum (mm)		171,9	219,7	277,8	307,3	392,0	515,8	656,3
Água total em percent da ETp no intervalo		121,2%	81,7%	123,4%	66,2%	214,5%	166,0%	222,6%
Rega acum (mm)	I100	170,0	236,7	290,9	349,3	395,1	395,1	395,1
Água total acum (mm)		171,9	238,7	324,2	383,2	491,0	614,8	755,3
Água total em percent da ETp no intervalo		121,2%	114,1%	181,6%	132,5%	273,2%	166,0%	222,6%

**Quadro 3.27 - Biomassa aérea dos campos I<sub>0</sub> no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		08 Ago	23 Ago	05 Set	19 Set	02 Out	07 Nov	8/Jan 2004
Dias após Sement.		35	50	63	77	90	126	188
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	0,17	0,26	0,50	0,40	0,70	0,00	0,00
	Caule	0,13	0,30	0,80	0,80	1,60	1,80	1,30
	Casca		0,12	0,30	0,30	0,60	0,70	0,50
	Cerne		0,18	0,50	0,50	1,00	1,10	0,80
	Total	0,30	0,56	1,30	1,20	2,30	1,80	1,30
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	0,18	0,30	0,60	0,60	0,40	0,00	0,00
	Caule	0,11	0,28	1,00	2,00	1,60	1,20	1,70
	Casca		0,11	0,40	0,50	0,60	0,50	0,70
	Cerne		0,17	0,60	1,50	1,00	0,70	1,00
	Total	0,29	0,58	1,60	2,60	2,00	1,20	1,70
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	0,13	0,26	0,50	0,70	0,90	0,00	0,00
	Caule	0,07	0,25	0,70	0,80	1,90	2,50	1,90
	Casca		0,09	0,30	0,40	0,80	1,50	0,70
	Cerne		0,16	0,40	0,40	1,10	1,00	1,20
	Total	0,20	0,51	1,20	1,50	2,80	2,50	1,90

**Quadro 3.28 - Biomassa aérea dos campos I<sub>25</sub> no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		08 Ago	23 Ago	05 Set	19 Set	02 Out	07 Nov	8/Jan 2004
Dias após Sement.		35	50	63	77	90	126	188
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	0,07	0,22	0,90	0,80	0,70	0,00	0,00
	Caule	0,04	0,19	1,70	1,40	2,60	1,90	2,50
	Casca		0,09	0,60	0,40	0,90	0,60	0,90
	Cerne		0,10	1,10	1,00	1,70	1,30	1,60
	Total	0,11	0,41	2,60	2,20	3,30	1,90	2,50
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	0,06	0,22	0,50	1,00	1,00	0,00	0,00
	Caule	0,02	0,17	0,70	1,50	2,90	2,10	2,10
	Casca		0,07	0,30	0,50	1,00	0,30	0,90
	Cerne		0,10	0,40	1,00	1,90	1,80	1,20
	Total	0,08	0,39	1,20	2,50	3,90	2,10	2,10
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	0,09	0,27	0,70	0,90	0,80	0,00	0,00
	Caule	0,05	0,16	1,40	1,80	2,40	3,10	1,90
	Casca		0,07	0,40	0,60	0,90	1,20	0,60
	Cerne		0,09	1,00	1,20	1,50	1,90	1,30
	Total	0,14	0,43	2,10	2,70	3,20	3,10	1,90

**Quadro 3.29 - Biomassa aérea dos campos I<sub>50</sub> no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		08 Ago	23 Ago	05 Set	19 Set	02 Out	07 Nov	8/Jan 2004
Dias após Sement.		35	50	63	77	90	126	188
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	0,21	0,28	0,50	0,80	1,40	0,00	0,00
	Caule	0,17	0,23	0,70	1,70	3,80	4,30	3,60
	Casca		0,10	0,30	0,60	1,20	1,80	1,20
	Cerne		0,13	0,40	1,10	2,60	2,50	2,40
	Total	0,38	0,51	1,20	2,50	5,20	4,30	3,60
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	0,19	0,33	0,80	1,40	1,40	0,00	0,00
	Caule	0,11	0,32	1,20	2,00	4,70	5,40	3,50
	Casca		0,13	0,50	0,80	1,50	2,30	1,30
	Cerne		0,19	0,70	1,20	3,20	3,10	2,20
	Total	0,30	0,65	2,00	3,40	6,10	5,40	3,50
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	0,19	0,28	0,90	0,90	1,30	0,00	0,00
	Caule	0,10	0,22	1,00	1,90	3,60	2,50	2,40
	Casca		0,10	0,40	0,70	1,30	0,60	1,00
	Cerne		0,12	0,60	1,20	2,30	1,90	1,40
	Total	0,29	0,50	1,90	2,80	4,90	2,50	2,40

**Quadro 3.30 - Biomassa aérea dos campos I<sub>100</sub> no ensaio de 2003, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		08 Ago	23 Ago	05 Set	19 Set	02 Out	07 Nov	8/Jan 2004
Dias após Sement.		35	50	63	77	90	126	188
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	0,06	0,18	0,60	0,90	1,00	0,00	0,00
	Caule	0,03	0,17	0,90	3,30	3,80	3,40	3,30
	Casca		0,06	0,40	0,80	1,30	1,40	1,20
	Cerne		0,11	0,50	2,50	2,50	2,00	2,10
	Total	0,09	0,35	1,50	4,20	4,80	3,40	3,30
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	0,05	0,15	0,50	1,40	1,30	0,00	0,00
	Caule	0,03	0,11	1,00	2,40	3,40	4,10	3,30
	Casca		0,05	0,40	0,90	1,30	1,80	1,30
	Cerne		0,06	0,60	1,50	2,10	2,30	2,00
	Total	0,08	0,26	1,50	3,80	4,70	4,10	3,30
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	0,07	0,21	0,50	1,30	1,20	0,00	0,00
	Caule	0,03	0,10	0,60	2,40	4,10	4,30	5,00
	Casca		0,05	0,30	0,90	1,50	1,90	2,00
	Cerne		0,05	0,30	1,50	2,60	2,40	3,00
	Total	0,10	0,31	1,10	3,70	5,30	4,30	5,00

### 3.3.2.2 Ano 2004

**Quadro 3.31 - Eventos significativos nos campos NI, em 2004**

NI	I <sub>0</sub>			I <sub>25</sub>			I <sub>50</sub>			I <sub>100</sub>		
	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>
Data de Sementeira	19/07/2004											
50% Emergência	5 DAS; 72 GDC											
Taxa total de Emergência	90 ± 10%											
Diferenciação da Irrigação	28/08/2004; 40 DAS											
50% Floração	27/10/2004 ± 5 dias											
	95 a 105 DAS											
	1020 a 1073 GDC											
	453 a 475 kWh/m <sup>2</sup>											
	10h 43min Fot											
Maturação da Semente	Não foi produzida semente											

**Quadro 3.32 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2004**

	(19/07/2004 – 27/08/2004)	(28/08/2004 – 30/09/2004)	Total
I <sub>100</sub>	251 ≈ 6,3 mm/d	197 ≈ 5,8 mm/d	448
I <sub>50</sub>	251 ≈ 6,3 mm/d	99 ≈ 2,9 mm/d	350
I <sub>25</sub>	251 ≈ 6,3 mm/d	49 ≈ 1,4 mm/d	300
I <sub>0</sub>	251 ≈ 6,3 mm/d	0	251

**Quadro 3.33 - Condições gerais do ensaio NI em 2004**

Datas de amostragem		28-08-2004	27-09-2004	20-10-2004	09-11-2004	13-12-2004
Dias após Sement		41	70	93	113	147
Grau.dia de cresc.		501,5	818,8	1005,5	1117,5	1164,7
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )		228,7	371,5	449,4	491,8	549,0
ETp acum. (mm)		160,6	258,1	312,7	349,4	388,2
Prec acum (mm)		24,8	44,4	74,8	155,8	200,5
Rega acum (mm)	I0	251,0	251,0	251,0	251,0	251,0
Água total acum (mm)		275,8	295,4	325,8	406,8	451,5
Água total em percent da ETp no intervalo		171,8%	20,1%	55,7%	220,6%	115,1%
Rega acum (mm)	I25	252,4	295,7	300,0	300,0	300,0
Água total acum (mm)		277,2	340,1	374,8	455,8	500,5
Água total em percent da ETp no intervalo		172,7%	64,4%	63,7%	220,6%	115,1%
Rega acum (mm)	I50	253,9	341,3	350	350,0	350,0
Água total acum (mm)		278,7	385,7	424,8	505,8	550,5
Água total em percent da ETp no intervalo		173,6%	109,6%	71,8%	220,6%	115,1%
Rega acum (mm)	I100	256,8	430,6	448,0	448,0	448,0
Água total acum (mm)		281,6	475,0	522,8	603,8	648,5
Água total em percent da ETp no intervalo		175,4%	198,3%	87,6%	220,6%	115,1%

**Quadro 3.34 - Biomassa aérea dos campos  $I_0$  no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		27 Set	20 Out	9 Nov	13 Dez
Dias após Sement.		70	93	113	147
$N_{0I_0}$	Folhas	0,31	0,31	0,46	0,05
	Caule	0,50	0,84	1,33	1,08
	Casca	0,17	0,26	0,43	0,33
	Cerne	0,33	0,57	0,90	0,75
	Total	0,81	1,14	1,79	1,13
$N_{75I_0}$	Folhas	0,40	0,28	0,44	0,05
	Caule	0,49	0,80	1,87	1,91
	Casca	0,20	0,25	0,49	0,56
	Cerne	0,29	0,55	1,38	1,35
	Total	0,89	1,07	2,31	1,96
$N_{150I_0}$	Folhas	0,22	0,36	0,52	0,05
	Caule	0,42	1,06	1,53	1,35
	Casca	0,16	0,31	0,51	0,47
	Cerne	0,26	0,76	1,02	0,88
	Total	0,64	1,42	2,05	1,40

**Quadro 3.35 - Biomassa aérea dos campos  $I_{25}$  no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		27 Set	20 Out	9 Nov	13 Dez
Dias após Sement.		70	93	113	147
$N_{0I_{25}}$	Folhas	0,22	0,27	0,29	0,07
	Caule	0,24	0,71	0,78	0,97
	Casca	0,10	0,23	0,23	0,31
	Cerne	0,14	0,49	0,55	0,67
	Total	0,46	0,98	1,07	1,04
$N_{75I_{25}}$	Folhas	0,25	0,15	0,45	0,08
	Caule	0,30	0,60	1,01	1,04
	Casca	0,15	0,16	0,33	0,31
	Cerne	0,15	0,44	0,68	0,73
	Total	0,55	0,75	1,46	1,12
$N_{150I_{25}}$	Folhas	0,16	0,17	0,23	0,05
	Caule	0,33	0,52	0,78	0,87
	Casca	0,12	0,17	0,24	0,25
	Cerne	0,21	0,35	0,54	0,63
	Total	0,50	0,68	1,01	0,93

**Quadro 3.36 - Biomassa aérea dos campos  $I_{50}$  no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		27 Set	20 Out	9 Nov	13 Dez
Dias após Sement.		70	93	113	147
$N_{0I_{50}}$	Folhas	0,19	0,50	0,21	0,05
	Caule	0,24	0,86	0,45	0,93
	Casca	0,11	0,30	0,17	0,30
	Cerne	0,13	0,56	0,28	0,64
	Total	0,43	1,37	0,66	0,99
$N_{75I_{50}}$	Folhas	0,18	0,36	0,48	0,09
	Caule	0,37	1,24	1,78	0,89
	Casca	0,15	0,38	0,47	0,31
	Cerne	0,22	0,86	1,31	0,59
	Total	0,55	1,60	2,26	0,98
$N_{150I_{50}}$	Folhas	0,12	0,35	0,62	0,04
	Caule	0,30	1,10	2,67	1,14
	Casca	0,12	0,31	0,95	0,35
	Cerne	0,18	0,79	1,72	0,78
	Total	0,42	1,45	3,28	1,17

**Quadro 3.37** - Biomassa aérea dos campos I<sub>100</sub> no ensaio de 2004, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		27 Set	20 Out	9 Nov	13 Dez
Dias após Sement.		70	93	113	147
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	0,34	0,31	0,43	0,07
	Caule	0,39	0,66	1,15	1,22
	Casca	0,15	0,22	0,36	0,38
	Cerne	0,24	0,43	0,79	0,84
	Total	0,73	0,97	1,58	1,29
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	0,08	0,13	0,22	0,04
	Caule	0,12	0,30	0,53	0,64
	Casca	0,05	0,12	0,18	0,24
	Cerne	0,06	0,18	0,35	0,40
	Total	0,20	0,43	0,75	0,68
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	0,29	0,43	0,45	0,06
	Caule	0,39	1,01	1,12	1,47
	Casca	0,17	0,34	0,34	0,53
	Cerne	0,22	0,67	0,77	0,94
	Total	0,68	1,45	1,56	1,53



### 3.3.2.3 Ano 2005

**Quadro 3.38 - Eventos significativos nos campos NI, em 2005**

NI	I <sub>0</sub>			I <sub>25</sub>			I <sub>50</sub>			I <sub>100</sub>		
	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>
Data de Sementeira	25/05/2005											
50% Emergência	9 ± 2 DAS; 73 a 115 GDC											
Taxa total de Emergência	81 ± 8%											
Diferenciação da Irrigação	04/07/2005; 40 DAS											
50% Floração	07/10/2005 ± 4 dias 131 a 139 DAS 1476 a 1557 GDC 705 a 728 kWh/m <sup>2</sup> 11h 32min Fot											
Maturação da Semente	Na amostragem de 13/12/2005 mais de 50% das plantas apresentavam frutos bem desenvolvidos, com semente fértil.											

**Quadro 3.39 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2005**

	(25/05/2005 – 03/07/2005)	(04/07/2005 – 30/09/2005)	Total
I <sub>100</sub>	277 ≈ 6,93 mm/d	565 ≈ 6,35 mm/d	842
I <sub>50</sub>	277 ≈ 6,93 mm/d	283 ≈ 3,18 mm/d	559
I <sub>25</sub>	277 ≈ 6,93 mm/d	141 ≈ 1,58 mm/d	418
I <sub>0</sub>	277 ≈ 6,93 mm/d	0	277

**Quadro 3.40 - Condições gerais do ensaio NI em 2005**

Datas de amostragem		02-08-2005	22-08-2005	13-09-2005	03-10-2005	25-10-2005	13-12-2005
Dias após Sement		69	89	111	131	153	202
Grau.dia de cresc.		754,1	1025,5	1266,3	1476,4	1651,0	1819,2
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )		419,7	527,7	627,9	705,1	759,9	831,3
ETp acum. (mm)		252,1	330,1	406,6	467,4	516,9	581,2
Prec acum (mm)		5,2	10,7	16,4	17	91,8	332
Rega acum (mm)	I0	277,0	277,0	277,0	277,0	277,0	277,0
Água total acum (mm)		282,2	287,7	293,4	294,0	368,8	609,0
Água total em percent da ETp no intervalo		111,9%	7,1%	7,5%	1,0%	151,1%	373,4%
Rega acum (mm)	I25	322,9	354,6	389,5	416,4	416,4	416,4
Água total acum (mm)		328,1	365,3	405,9	433,4	508,2	748,4
Água total em percent da ETp no intervalo		130,1%	47,7%	53,1%	45,3%	151,1%	373,4%
Rega acum (mm)	I50	369,2	432,8	502,8	556,8	556,8	556,8
Água total acum (mm)		374,4	443,5	519,2	573,8	648,6	888,8
Água total em percent da ETp no intervalo		148,5%	88,6%	99,0%	89,9%	151,1%	373,4%
Rega acum (mm)	I100	461,1	588,1	727,7	835,7	835,7	835,7
Água total acum (mm)		466,3	598,8	744,1	852,7	927,5	1167,7
Água total em percent da ETp no intervalo		184,9%	169,8%	190,2%	178,5%	151,1%	373,4%

**Quadro 3.41 - Biomassa aérea dos campos N<sub>0</sub>I<sub>0</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub> Bloco 1	Folhas	0,05	0,01	0,07	0,00	0,00	0,00	
	Caule	0,11	0,03	0,18	0,00	0,00	0,00	
	Casca	0,05	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	
	Cerne	0,06	0,01	0,11	0,00	0,00	0,00	
	Total	0,16	0,04	0,25	0,00	0,00	0,00	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub> Bloco 2	Folhas	0,08	0,17	0,61	0,21	0,53	1,13	
	Caule	0,14	0,37	0,64	0,65	1,01	4,34	
	Casca	0,06	0,12	0,23	0,23	0,32	1,65	
	Cerne	0,08	0,25	0,40	0,42	0,69	2,69	
	Total	0,23	0,54	1,24	0,86	1,54	5,47	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub> Bloco 3	Folhas	0,10	0,13	0,16	0,11	0,33	0,06	
	Caule	0,09	0,32	0,37	0,37	0,28	0,23	
	Casca	0,05	0,12	0,12	0,12	0,12	0,10	
	Cerne	0,04	0,20	0,25	0,25	0,16	0,13	
	Total	0,19	0,44	0,53	0,48	0,60	0,30	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	Média	Folhas	0,08	0,10	0,28	0,11	0,29	0,40
		Caule	0,12	0,24	0,39	0,34	0,43	1,52
		Casca	0,05	0,08	0,14	0,12	0,15	0,58
		Cerne	0,06	0,15	0,26	0,22	0,28	0,94
		Total	0,19	0,34	0,67	0,45	0,71	1,92
	Desvio Padrão	Folhas	0,02	0,08	0,29	0,10	0,27	0,63
		Caule	0,03	0,18	0,23	0,33	0,52	2,44
		Casca	0,01	0,06	0,09	0,12	0,16	0,92
		Cerne	0,02	0,12	0,14	0,21	0,36	1,52
		Total	0,03	0,27	0,51	0,43	0,78	3,07

**Quadro 3.42 - Biomassa aérea dos campos N<sub>75</sub>I<sub>0</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub> Bloco 1	Folhas	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Caule	0,09	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Casca	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Cerne	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Total	0,13	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub> Bloco 2	Folhas	0,23	0,32	0,24	0,73	0,94	0,15	
	Caule	0,26	0,54	0,55	1,14	1,39	2,63	
	Casca	0,12	0,21	0,17	0,34	0,52	0,91	
	Cerne	0,14	0,33	0,39	0,79	0,87	1,72	
	Total	0,49	0,86	0,79	1,86	2,33	2,77	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub> Bloco 3	Folhas	0,11	0,10	0,17	0,23	0,14	0,04	
	Caule	0,25	0,30	0,41	0,47	0,28	0,79	
	Casca	0,09	0,10	0,14	0,18	0,10	0,38	
	Cerne	0,16	0,20	0,28	0,29	0,17	0,42	
	Total	0,36	0,40	0,58	0,70	0,42	0,83	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub>	Média	Folhas	0,13	0,15	0,14	0,32	0,36	0,06
		Caule	0,20	0,31	0,32	0,54	0,56	1,14
		Casca	0,08	0,11	0,10	0,18	0,21	0,43
		Cerne	0,12	0,20	0,22	0,36	0,35	0,71
		Total	0,33	0,45	0,46	0,86	0,92	1,20
	Desvio Padrão	Folhas	0,10	0,16	0,12	0,37	0,51	0,08
		Caule	0,09	0,23	0,29	0,57	0,74	1,35
		Casca	0,05	0,09	0,09	0,17	0,28	0,45
		Cerne	0,05	0,14	0,20	0,40	0,46	0,90
		Total	0,18	0,38	0,41	0,94	1,24	1,42

**Quadro 3.43 - Biomassa aérea dos campos N<sub>150</sub>I<sub>0</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub> Bloco 1	Folhas	0,04	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	
	Caule	0,08	0,07	0,11	0,00	0,00	0,00	
	Casca	0,03	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	
	Cerne	0,05	0,04	0,07	0,00	0,00	0,00	
	Total	0,12	0,09	0,14	0,00	0,00	0,00	
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub> Bloco 2	Folhas	0,13	0,22	0,06	0,13	0,39	0,18	
	Caule	0,19	0,21	0,26	0,22	0,35	12,32	
	Casca	0,07	0,07	0,09	0,07	0,13	3,71	
	Cerne	0,12	0,14	0,17	0,15	0,22	8,61	
	Total	0,32	0,43	0,32	0,35	0,74	12,50	
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub> Bloco 3	Folhas	0,04	0,07	0,20	0,36	0,10	0,05	
	Caule	0,06	0,18	0,14	1,23	0,14	1,30	
	Casca	0,03	0,07	0,05	0,26	0,06	0,58	
	Cerne	0,03	0,11	0,09	0,96	0,08	0,72	
	Total	0,10	0,26	0,34	1,59	0,24	1,35	
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub>	Média	Folhas	0,07	0,10	0,10	0,17	0,17	0,08
		Caule	0,11	0,15	0,17	0,48	0,16	4,54
		Casca	0,04	0,06	0,06	0,11	0,06	1,43
		Cerne	0,07	0,10	0,11	0,37	0,10	3,11
		Total	0,18	0,26	0,27	0,65	0,33	4,62
	Desvio Padrão	Folhas	0,05	0,10	0,09	0,18	0,20	0,09
		Caule	0,07	0,08	0,08	0,66	0,17	6,77
		Casca	0,02	0,02	0,02	0,14	0,06	2,00
		Cerne	0,05	0,05	0,05	0,52	0,11	4,78
		Total	0,12	0,17	0,11	0,84	0,38	6,86

**Quadro 3.44 - Biomassa aérea dos campos N<sub>0</sub>I<sub>25</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub> Bloco 1	Folhas	0,18	0,47	0,68	0,29	3,92	0,89	
	Caule	0,27	0,77	1,29	1,80	3,28	3,10	
	Casca	0,10	0,29	0,44	0,54	1,10	1,12	
	Cerne	0,17	0,48	0,85	1,25	2,18	1,98	
	Total	0,45	1,25	1,98	2,08	7,20	3,99	
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub> Bloco 2	Folhas	0,15	0,59	1,62	1,53	2,13	0,44	
	Caule	0,17	0,64	1,30	2,79	8,11	6,19	
	Casca	0,08	0,26	0,59	0,98	2,06	1,56	
	Cerne	0,09	0,38	0,71	1,81	6,05	4,62	
	Total	0,32	1,23	2,93	4,32	10,24	6,63	
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub> Bloco 3	Folhas	0,16	0,58	1,26	2,59	0,89	0,22	
	Caule	0,21	0,63	2,29	4,67	3,24	5,24	
	Casca	0,10	0,26	0,71	1,26	1,06	2,20	
	Cerne	0,11	0,37	1,57	3,41	2,18	3,04	
	Total	0,37	1,21	3,54	7,26	4,13	5,47	
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub>	Média	Folhas	0,16	0,55	1,19	1,47	2,31	0,52
		Caule	0,21	0,68	1,63	3,09	4,88	4,84
		Casca	0,09	0,27	0,58	0,93	1,41	1,63
		Cerne	0,12	0,41	1,05	2,16	3,47	3,21
		Total	0,38	1,23	2,82	4,55	7,19	5,36
	Desvio Padrão	Folhas	0,02	0,07	0,47	1,15	1,53	0,34
		Caule	0,05	0,08	0,57	1,46	2,80	1,58
		Casca	0,01	0,02	0,13	0,36	0,57	0,55
		Cerne	0,04	0,06	0,46	1,12	2,24	1,33
		Total	0,07	0,02	0,79	2,60	3,06	1,32

**Quadro 3.45** - Biomassa aérea dos campos N<sub>75</sub>I<sub>25</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub> Bloco 1	Folhas	0,15	0,45	1,12	1,01	1,15	0,29
	Caule	0,18	0,73	2,88	2,98	3,00	5,47
	Casca	0,07	0,29	0,92	1,11	0,96	1,76
	Cerne	0,11	0,44	1,95	1,87	2,04	3,70
	Total	0,33	1,18	4,00	3,98	4,15	5,75
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub> Bloco 2	Folhas	0,16	0,81	1,32	1,42	0,84	0,17
	Caule	0,27	1,30	2,48	3,27	2,18	5,51
	Casca	0,11	0,52	0,75	0,91	0,43	1,77
	Cerne	0,16	0,79	1,73	2,35	1,75	3,74
	Total	0,43	2,11	3,79	4,69	3,02	5,68
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub> Bloco 3	Folhas	0,21	0,47	1,00	0,97	0,98	0,08
	Caule	0,23	0,71	1,56	3,02	3,47	3,77
	Casca	0,11	0,25	0,58	0,89	1,09	1,59
	Cerne	0,12	0,46	0,98	2,13	2,39	2,18
	Total	0,43	1,18	2,56	3,99	4,45	3,85
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub>	Média	Folhas	0,17	0,58	1,14	1,13	0,99
		Caule	0,23	0,91	2,31	3,09	2,88
		Casca	0,10	0,35	0,75	0,97	0,82
		Cerne	0,13	0,56	1,56	2,12	2,06
		Total	0,40	1,49	3,45	4,22	3,87
	Desvio Padrão	Folhas	0,03	0,20	0,16	0,25	0,16
		Caule	0,05	0,34	0,67	0,16	0,66
		Casca	0,02	0,14	0,17	0,12	0,35
		Cerne	0,03	0,19	0,51	0,24	0,89
		Total	0,06	0,54	0,78	0,41	1,08

**Quadro 3.46** - Biomassa aérea dos campos N<sub>150</sub>I<sub>25</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub> Bloco 1	Folhas	0,05	0,60	1,02	1,63	1,56	0,38
	Caule	0,09	0,79	1,83	4,03	3,58	8,85
	Casca	0,03	0,34	0,69	1,24	1,04	3,06
	Cerne	0,11	0,44	1,95	1,87	2,04	3,70
	Total	0,13	1,39	2,85	5,65	5,14	9,23
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub> Bloco 2	Folhas	0,30	1,98	2,12	3,76	4,97	0,41
	Caule	0,35	2,46	3,70	7,91	11,72	12,37
	Casca	0,15	0,94	1,14	2,68	4,57	5,83
	Cerne	0,16	0,79	1,73	2,35	1,75	3,74
	Total	0,64	4,44	5,82	11,67	16,68	12,78
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub> Bloco 3	Folhas	0,11	0,45	2,05	2,08	1,61	1,09
	Caule	0,11	0,54	3,61	4,96	4,60	12,03
	Casca	0,04	0,22	0,95	1,44	1,22	3,03
	Cerne	0,12	0,46	0,98	2,13	2,39	2,18
	Total	0,22	0,99	5,66	7,04	6,21	13,12
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub>	Média	Folhas	0,15	1,01	1,73	2,49	2,71
		Caule	0,18	1,26	3,04	5,63	6,63
		Casca	0,07	0,50	0,93	1,79	2,28
		Cerne	0,11	0,76	2,12	3,84	4,36
		Total	0,33	2,27	4,77	8,12	9,34
	Desvio Padrão	Folhas	0,13	0,84	0,62	1,12	1,95
		Caule	0,14	1,05	1,05	2,03	4,43
		Casca	0,06	0,39	0,23	0,78	1,99
		Cerne	0,08	0,66	0,85	1,25	2,46
		Total	0,27	1,89	1,67	3,15	6,38

**Quadro 3.47 - Biomassa aérea dos campos N0I50 no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>0I50</sub> Bloco 1	Folhas	0,03	0,35	1,23	2,01	1,56	0,36	
	Caule	0,03	0,35	1,29	2,85	4,11	5,20	
	Casca	0,01	0,15	0,58	0,98	1,05	1,25	
	Cerne	0,02	0,20	0,71	1,88	3,05	3,95	
	Total	0,06	0,70	2,52	4,87	5,66	5,56	
N <sub>0I50</sub> Bloco 2	Folhas	0,14	0,85	1,88	3,67	2,40	0,11	
	Caule	0,13	1,17	5,30	6,75	5,17	9,71	
	Casca	0,05	0,53	0,91	2,70	1,62	2,97	
	Cerne	0,07	0,64	4,39	4,05	3,55	6,74	
	Total	0,27	2,02	7,17	10,42	7,56	9,83	
N <sub>0I50</sub> Bloco 3	Folhas	0,14	0,60	1,66	2,24	1,09	0,81	
	Caule	0,13	0,81	1,90	3,98	2,49	10,37	
	Casca	0,06	0,30	0,76	1,18	0,76	3,14	
	Cerne	0,07	0,52	1,14	2,80	1,73	7,23	
	Total	0,27	1,42	3,56	6,22	3,58	11,18	
N <sub>0I50</sub>	Média	Folhas	0,10	0,60	1,59	2,64	1,68	0,43
		Caule	0,10	0,78	2,83	4,53	3,92	8,43
		Casca	0,04	0,33	0,75	1,62	1,14	2,45
		Cerne	0,06	0,45	2,08	2,91	2,78	5,97
		Total	0,20	1,38	4,42	7,17	5,60	8,86
	Desvio Padrão	Folhas	0,06	0,25	0,33	0,90	0,66	0,35
		Caule	0,06	0,41	2,16	2,01	1,35	2,82
		Casca	0,02	0,19	0,16	0,94	0,44	1,05
		Cerne	0,03	0,23	2,01	1,09	0,94	1,77
		Total	0,12	0,66	2,44	2,90	1,99	2,93

**Quadro 3.48 - Biomassa aérea dos campos N<sub>75I50</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>75I50</sub> Bloco 1	Folhas	0,35	0,98	1,96	2,19	3,11	0,36	
	Caule	0,74	1,54	3,74	9,16	6,35	9,64	
	Casca	0,17	0,63	1,77	3,12	3,37	3,83	
	Cerne	0,58	0,91	1,97	6,05	2,97	5,81	
	Total	1,09	2,52	5,71	11,35	9,45	10,00	
N <sub>75I50</sub> Bloco 2	Folhas	0,17	1,04	1,28	2,56	1,52	0,10	
	Caule	0,22	1,19	8,07	5,67	4,90	8,03	
	Casca	0,10	0,50	0,75	1,84	1,46	2,98	
	Cerne	0,12	0,69	7,32	3,83	3,44	5,04	
	Total	0,39	2,23	9,35	8,23	6,43	8,13	
N <sub>75I50</sub> Bloco 3	Folhas	0,05	0,20	0,78	0,37	6,26	0,08	
	Caule	0,02	0,25	0,78	0,82	1,28	2,02	
	Casca	0,01	0,10	0,31	0,46	0,29	0,76	
	Cerne	0,02	0,15	0,46	0,36	0,99	1,26	
	Total	0,08	0,45	1,56	1,19	7,54	2,09	
N <sub>75I50</sub>	Média	Folhas	0,19	0,74	1,34	1,71	3,63	0,18
		Caule	0,33	0,99	4,20	5,22	4,18	6,56
		Casca	0,09	0,41	0,94	1,80	1,71	2,52
		Cerne	0,24	0,58	3,25	3,41	2,47	4,04
		Total	0,52	1,73	5,54	6,92	7,81	6,74
	Desvio Padrão	Folhas	0,15	0,47	0,59	1,18	2,41	0,16
		Caule	0,37	0,67	3,67	4,19	2,61	4,02
		Casca	0,08	0,27	0,75	1,33	1,56	1,58
		Cerne	0,30	0,39	3,60	2,87	1,30	2,44
		Total	0,52	1,12	3,90	5,20	1,53	4,13

**Quadro 3.49** - Biomassa aérea dos campos N150I50 no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub> Bloco 1	Folhas	0,23	0,95	4,08	5,25	7,11	0,49	
	Caule	0,35	1,83	7,00	18,08	18,71	11,15	
	Casca	0,15	0,83	2,85	2,53	5,33	4,04	
	Cerne	0,20	1,01	4,15	15,55	13,38	7,12	
	Total	0,58	2,78	11,08	23,33	25,82	11,64	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub> Bloco 2	Folhas	0,21	1,56	3,96	5,23	2,13	0,06	
	Caule	0,18	2,35	6,85	15,25	7,19	12,51	
	Casca	0,04	1,01	2,58	3,67	3,01	3,99	
	Cerne	0,15	1,34	4,27	11,57	4,18	8,52	
	Total	0,40	3,90	10,81	20,47	9,32	12,57	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub> Bloco 3	Folhas	0,14	0,90	3,43	3,47	2,50	1,25	
	Caule	0,18	1,15	7,32	6,58	7,70	17,48	
	Casca	0,08	0,49	2,06	2,08	1,83	5,96	
	Cerne	0,10	0,67	5,27	4,51	5,88	11,52	
	Total	0,32	2,06	10,75	10,05	10,20	18,73	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub>	Média	Folhas	0,19	1,14	3,82	4,65	3,91	0,60
		Caule	0,24	1,78	7,06	13,30	11,20	13,72
		Casca	0,09	0,77	2,50	2,76	3,39	4,66
		Cerne	0,15	1,00	4,56	10,54	7,81	9,05
		Total	0,43	2,92	10,88	17,95	15,11	14,31
	Desvio Padrão	Folhas	0,04	0,36	0,35	1,02	2,78	0,60
		Caule	0,10	0,60	0,24	5,99	6,51	3,33
		Casca	0,05	0,26	0,40	0,82	1,78	1,12
		Cerne	0,05	0,34	0,61	5,60	4,89	2,25
		Total	0,13	0,93	0,17	6,99	9,28	3,85

**Quadro 3.50** - Biomassa aérea dos campos N<sub>0</sub>I<sub>100</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub> Bloco 1	Folhas	0,40	0,92	2,14	3,44	2,70	0,12	
	Caule	0,38	1,65	3,66	15,03	9,44	14,51	
	Casca	0,17	0,69	1,89	2,98	3,08	4,24	
	Cerne	0,21	0,96	1,77	12,04	6,37	10,26	
	Total	0,77	2,57	5,80	18,47	12,15	14,63	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub> Bloco 2	Folhas	0,14	1,07	1,84	1,36	2,21	0,47	
	Caule	0,16	0,75	2,87	4,58	7,41	9,42	
	Casca	0,10	0,33	1,28	1,53	1,90	2,87	
	Cerne	0,06	0,42	1,58	3,05	5,51	6,55	
	Total	0,30	1,82	4,71	5,94	9,62	9,89	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub> Bloco 3	Folhas	0,29	1,21	2,86	4,68	2,30	0,52	
	Caule	0,28	2,22	7,52	12,52	14,45	14,00	
	Casca	0,12	0,81	1,92	3,56	3,18	3,57	
	Cerne	0,15	1,41	5,60	8,96	11,27	10,43	
	Total	0,56	3,43	10,38	17,19	16,75	14,52	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Média	Folhas	0,28	1,07	2,28	3,16	2,41	0,37
		Caule	0,27	1,54	4,69	10,71	10,43	12,64
		Casca	0,13	0,61	1,70	2,69	2,72	3,56
		Cerne	0,14	0,93	2,99	8,02	7,71	9,08
		Total	0,55	2,61	6,96	13,87	12,84	13,02
	Desvio Padrão	Folhas	0,13	0,15	0,52	1,68	0,26	0,22
		Caule	0,11	0,74	2,49	5,45	3,62	2,80
		Casca	0,04	0,25	0,36	1,04	0,71	0,69
		Cerne	0,07	0,49	2,27	4,57	3,11	2,19
		Total	0,24	0,81	3,01	6,90	3,61	2,70

**Quadro 3.51 - Biomassa aérea dos campos N<sub>75</sub>I<sub>100</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub> Bloco 1	Folhas	0,18	0,99	1,52	3,74	3,01	0,38	
	Caule	0,28	1,62	2,23	20,75	12,37	10,62	
	Casca	0,12	0,71	1,07	8,18	3,43	3,72	
	Cerne	0,17	0,91	1,16	12,57	8,94	6,90	
	Total	0,46	2,61	3,75	24,49	15,38	10,99	
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub> Bloco 2	Folhas	0,17	0,71	1,49	4,02	2,13	1,01	
	Caule	0,17	0,82	2,34	8,66	9,72	18,50	
	Casca	0,09	0,42	1,18	3,19	2,75	6,22	
	Cerne	0,08	0,41	1,17	5,47	6,97	12,28	
	Total	0,34	1,53	3,83	12,67	11,85	19,51	
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub> Bloco 3	Folhas	0,23	1,20	1,41	8,46	3,95	0,25	
	Caule	0,25	1,14	2,24	5,62	6,16	7,45	
	Casca	0,12	0,49	0,76	1,98	1,59	2,52	
	Cerne	0,13	0,65	1,48	3,64	4,58	4,93	
	Total	0,48	2,34	3,65	14,08	10,11	7,70	
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub>	Média	Folhas	0,19	0,97	1,47	5,41	3,03	0,54
		Caule	0,23	1,19	2,27	11,68	9,42	12,19
		Casca	0,11	0,54	1,00	4,45	2,59	4,15
		Cerne	0,13	0,65	1,27	7,23	6,83	8,04
		Total	0,43	2,16	3,74	17,08	12,45	12,73
	Desvio Padrão	Folhas	0,03	0,25	0,06	2,65	0,91	0,41
		Caule	0,06	0,40	0,06	8,00	3,12	5,69
		Casca	0,02	0,15	0,22	3,28	0,93	1,89
		Cerne	0,04	0,25	0,18	4,72	2,19	3,81
		Total	0,08	0,56	0,09	6,46	2,68	6,09

**Quadro 3.52 - Biomassa aérea dos campos N<sub>150</sub>I<sub>100</sub> no ensaio de 2005, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		02 Ago	22 Ago	13 Set	03 Out	25 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		69	89	111	131	153	202	
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub> Bloco 1	Folhas	0,16	1,50	1,92	7,17	4,76	1,41	
	Caule	0,14	1,53	2,42	12,86	13,16	12,88	
	Casca	0,07	0,60	0,82	5,49	3,86	3,73	
	Cerne	0,07	0,92	1,60	7,37	9,30	9,15	
	Total	0,30	3,02	4,34	20,04	17,91	14,29	
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub> Bloco 2	Folhas	0,17	0,87	1,33	3,80	4,32	0,09	
	Caule	0,19	1,69	2,55	10,40	12,79	13,90	
	Casca	0,02	0,63	0,87	2,88	3,93	5,28	
	Cerne	0,17	1,06	1,68	7,52	8,86	8,62	
	Total	0,36	2,56	3,87	14,20	17,10	13,98	
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub> Bloco 3	Folhas	0,10	0,59	1,58	1,40	1,85	0,00	
	Caule	0,08	0,53	1,87	2,75	5,60	5,58	
	Casca	0,04	0,28	0,77	0,67	1,48	1,80	
	Cerne	0,04	0,25	1,09	2,08	4,12	3,78	
	Total	0,17	1,13	3,45	4,15	7,44	5,58	
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub>	Média	Folhas	0,14	0,99	1,61	4,13	3,64	0,50
		Caule	0,14	1,25	2,28	8,67	10,51	10,78
		Casca	0,04	0,51	0,82	3,01	3,09	3,60
		Cerne	0,09	0,75	1,46	5,66	7,43	7,18
		Total	0,28	2,24	3,89	12,79	14,15	11,28
	Desvio Padrão	Folhas	0,04	0,46	0,30	2,90	1,57	0,79
		Caule	0,06	0,63	0,36	5,28	4,26	4,54
		Casca	0,02	0,19	0,05	2,41	1,39	1,74
		Cerne	0,07	0,43	0,32	3,10	2,87	2,96
		Total	0,09	0,99	0,45	8,04	5,83	4,94

### 3.3.2.4 Ano 2006

No ano de 2006, o ensaio NI foi realizado com a variedade Everglades 41. A sementeira foi realizada bastante cedo, em 4 de Maio, tendo sido realizada rega integral durante cerca de dois meses, até 3 de Julho. Isto permitiu um período alargado de rega diferenciada, desde 4 de Julho até 30 de Setembro.

**Quadro 3.53 - Eventos significativos nos campos NI, em 2006**

NI	I <sub>0</sub>			I <sub>25</sub>			I <sub>50</sub>			I <sub>100</sub>		
	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>	N <sub>0</sub>	N <sub>75</sub>	N <sub>150</sub>
Data de Sementeira	04/05/2006											
50% Emergência	8 ± 2 DAS; 40 a 71 GDC											
Taxa total de Emergência	75 ± 6%											
Diferenciação da Irrigação	04/07/2006; 40 DAS											
50% Floração	16/10/2006 ± 7 dias 158 a 172 DAS 1755 a 1877 GDC 839 a 875 kWh/m <sup>2</sup> 11h 10min Fot											
Maturação da Semente	Na amostragem de 13/12/2006 mais de 50% das plantas apresentavam frutos bem desenvolvidos, com semente fértil.											

**Quadro 3.54 - Irrigação aplicada (mm) nos campos NI, em 2006**

	(04/05/2006 – 03/07/2006)	(04/07/06 – 30/09/2006)	Total
I <sub>100</sub>	294 ≈ 4,82 mm/d	498 ≈ 5,60 mm/d	792
I <sub>50</sub>	294 ≈ 4,82 mm/d	249 ≈ 2,80 mm/d	543
I <sub>25</sub>	294 ≈ 4,82 mm/d	125 ≈ 1,40 mm/d	419
I <sub>0</sub>	294 ≈ 4,82 mm/d	0	294

**Quadro 3.55 - Condições gerais do ensaio NI em 2006**

Datas de amostragem		18-07-2006	08-08-2006	28-08-2006	18-09-2006	17-10-2006	13-12-2006
Dias após Sement		75	96	116	137	166	223
Grau.dia de cresc.		771,5	1041,3	1292,8	1555,9	1824,7	2161,2
Rad global acum. (kWh/m <sup>2</sup> )		415,6	538,2	644,9	757,4	862,5	956,6
ETp acum. (mm)		246,3	328,9	406,9	475,8	552,2	634,5
Prec acum (mm)		29,8	30,9	35,6	40,3	121,2	455,4
Rega acum (mm)	I0	294,0	294,0	294,0	294,0	294,0	294,0
Água total acum (mm)		323,8	324,9	329,6	334,3	415,2	749,4
Água total em percent da ETp no intervalo		131,5%	1,3%	6,0%	6,8%	105,9%	406,0%
Rega acum (mm)	I25	313,7	343,2	371,2	417,6	434,4	434,4
Água total acum (mm)		343,5	374,1	406,8	457,9	555,6	889,8
Água total em percent da ETp no intervalo		139,4%	37,1%	42,0%	74,0%	127,9%	406,0%
Rega acum (mm)	I50	333,2	391,9	447,9	540,2	573,8	573,8
Água total acum (mm)		363,0	422,8	483,5	580,5	695,0	1029,2
Água total em percent da ETp no intervalo		147,4%	72,5%	77,8%	140,7%	149,8%	406,0%
Rega acum (mm)	I100	372,3	489,8	601,8	786,4	853,6	853,6
Água total acum (mm)		402,1	520,7	637,4	826,7	974,8	1309,0
Água total em percent da ETp no intervalo		163,3%	143,7%	149,5%	274,7%	193,8%	406,0%



**Quadro 3.56 - Biomassa aérea dos campos N<sub>0</sub>I<sub>0</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub> Bloco 1	Folhas	0,29	0,97	3,91	3,18	7,21	0,00	
	Caule	0,28	1,41	4,01	5,64	15,27	0,00	
	Casca	0,13	0,62	2,13	2,86	6,46	0,00	
	Cerne	0,14	0,79	1,89	2,78	8,82	0,00	
	Total	0,56	2,39	7,93	8,82	22,48	0,00	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub> Bloco 2	Folhas	0,15	0,38	1,42	3,44	3,63	1,13	
	Caule	0,20	0,57	1,76	3,42	7,30	4,34	
	Casca	0,10	0,22	0,91	1,81	2,66	1,65	
	Cerne	0,10	0,35	0,85	1,61	4,64	2,69	
	Total	0,35	0,95	3,18	6,85	10,94	5,47	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub> Bloco 3	Folhas	0,16	0,32	0,49	1,63	3,14	0,06	
	Caule	0,19	0,35	1,06	2,02	7,43	0,23	
	Casca	0,09	0,16	0,38	0,97	2,28	0,10	
	Cerne	0,11	0,19	0,68	1,05	5,16	0,13	
	Total	0,36	0,67	1,55	3,65	10,58	0,30	
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	Média	Folhas	0,20	0,56	1,94	2,75	4,66	0,40
		Caule	0,22	0,78	2,28	3,69	10,00	1,52
		Casca	0,11	0,33	1,14	1,88	3,80	0,58
		Cerne	0,12	0,44	1,14	1,81	6,20	0,94
		Total	0,42	1,33	4,22	6,44	14,66	1,92
	Desvio Padrão	Folhas	0,07	0,36	1,77	0,98	2,22	0,63
		Caule	0,05	0,56	1,54	1,83	4,56	2,44
		Casca	0,02	0,25	0,89	0,95	2,31	0,92
		Cerne	0,02	0,31	0,65	0,89	2,28	1,52
		Total	0,12	0,92	3,31	2,61	6,77	3,07

**Quadro 3.57 - Biomassa aérea dos campos N<sub>75</sub>I<sub>0</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub> Bloco 1	Folhas	0,29	2,65	2,41	5,06	9,25	0,00	
	Caule	0,36	2,21	5,90	8,73	13,89	0,00	
	Casca	0,17	0,90	2,11	3,60	6,82	0,00	
	Cerne	0,19	1,31	3,79	5,12	7,07	0,00	
	Total	0,65	4,87	8,32	13,78	23,14	0,00	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub> Bloco 2	Folhas	0,16	0,53	0,78	1,24	3,61	0,15	
	Caule	0,27	0,85	1,40	1,77	6,68	2,63	
	Casca	0,11	0,41	0,53	0,68	2,45	0,91	
	Cerne	0,16	0,44	0,87	1,09	4,22	1,72	
	Total	0,42	1,38	2,18	3,01	10,28	2,77	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub> Bloco 3	Folhas	0,14	0,23	0,97	2,50	2,90	0,04	
	Caule	0,36	0,54	1,30	3,50	7,00	0,79	
	Casca	0,25	0,25	0,56	1,81	2,75	0,38	
	Cerne	0,11	0,29	0,73	1,68	4,24	0,42	
	Total	0,50	0,77	2,27	5,99	9,90	0,83	
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub>	Média	Folhas	0,20	1,14	1,39	2,93	5,25	0,06
		Caule	0,33	1,20	2,87	4,66	9,19	1,14
		Casca	0,17	0,52	1,07	2,03	4,01	0,43
		Cerne	0,15	0,68	1,80	2,63	5,18	0,71
		Total	0,52	2,34	4,26	7,59	14,44	1,20
	Desvio Padrão	Folhas	0,08	1,32	0,89	1,95	3,48	0,08
		Caule	0,05	0,89	2,63	3,62	4,08	1,35
		Casca	0,07	0,34	0,90	1,48	2,44	0,45
		Cerne	0,04	0,55	1,73	2,18	1,64	0,90
		Total	0,12	2,21	3,52	5,56	7,54	1,42

**Quadro 3.58** - Biomassa aérea dos campos  $N_{150}I_0$  no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
$N_{150}I_0$ Bloco 1	Folhas	0,46	2,14	1,26	4,48	4,52	0,00	
	Caule	0,47	2,69	2,30	8,56	10,34	0,00	
	Casca	0,23	1,33	1,07	3,72	4,66	0,00	
	Cerne	0,24	1,36	1,24	4,83	5,68	0,00	
	Total	0,93	4,83	3,56	13,04	14,86	0,00	
$N_{150}I_0$ Bloco 2	Folhas	0,12	0,45	0,98	3,20	4,16	0,18	
	Caule	0,20	1,04	1,64	6,19	8,72	12,32	
	Casca	0,08	0,48	0,74	2,72	3,73	3,71	
	Cerne	0,12	0,56	0,90	3,46	4,99	8,61	
	Total	0,32	1,50	2,61	9,38	12,88	12,50	
$N_{150}I_0$ Bloco 3	Folhas	0,16	0,49	0,72	1,40	3,03	0,05	
	Caule	0,37	0,53	1,39	2,30	5,72	1,30	
	Casca	0,23	0,18	0,54	1,08	2,23	0,58	
	Cerne	0,14	0,35	0,85	1,21	3,48	0,72	
	Total	0,53	1,01	2,11	3,70	8,75	1,35	
$N_{150}I_0$	Média	Folhas	0,25	1,03	0,98	3,03	3,90	0,08
		Caule	0,35	1,42	1,78	5,68	8,26	4,54
		Casca	0,18	0,66	0,78	2,51	3,54	1,43
		Cerne	0,17	0,76	0,99	3,17	4,72	3,11
		Total	0,60	2,45	2,76	8,71	12,16	4,62
	Desvio Padrão	Folhas	0,18	0,96	0,27	1,55	0,78	0,09
		Caule	0,14	1,13	0,47	3,16	2,35	6,77
		Casca	0,08	0,60	0,27	1,33	1,22	2,00
		Cerne	0,06	0,53	0,21	1,83	1,12	4,78
		Total	0,30	2,08	0,74	4,71	3,12	6,86

**Quadro 3.59** - Biomassa aérea dos campos  $N_0I_{25}$  no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
$N_{0I_{25}}$ Bloco 1	Folhas	0,24	1,13	2,53	3,67	3,14	0,89	
	Caule	0,23	1,34	3,94	7,08	9,17	3,10	
	Casca	0,12	0,67	1,75	2,14	3,79	1,12	
	Cerne	0,11	0,68	2,20	4,94	5,38	1,98	
	Total	0,47	2,47	6,47	10,75	12,31	3,99	
$N_{0I_{25}}$ Bloco 2	Folhas	0,23	0,68	1,74	3,85	2,72	0,44	
	Caule	0,26	0,79	2,25	5,15	8,16	6,19	
	Casca	0,13	0,39	1,03	2,14	3,16	1,56	
	Cerne	0,13	0,40	1,22	3,01	5,00	4,62	
	Total	0,49	1,47	3,99	9,01	10,88	6,63	
$N_{0I_{25}}$ Bloco 3	Folhas	0,48	1,78	3,55	4,55	4,26	0,22	
	Caule	0,32	2,52	6,53	8,31	14,23	5,24	
	Casca	0,16	0,96	2,70	4,12	5,20	2,20	
	Cerne	0,16	1,57	3,83	4,19	9,03	3,04	
	Total	0,80	4,31	10,08	12,86	18,50	5,47	
$N_{0I_{25}}$	Média	Folhas	0,32	1,20	2,61	4,02	3,38	0,52
		Caule	0,27	1,55	4,24	6,85	10,52	4,84
		Casca	0,13	0,67	1,82	2,80	4,05	1,63
		Cerne	0,14	0,88	2,41	4,05	6,47	3,21
		Total	0,59	2,75	6,84	10,87	13,89	5,36
	Desvio Padrão	Folhas	0,14	0,55	0,91	0,47	0,80	0,34
		Caule	0,05	0,88	2,15	1,59	3,26	1,58
		Casca	0,02	0,28	0,84	1,14	1,05	0,55
		Cerne	0,02	0,61	1,32	0,97	2,23	1,33
		Total	0,18	1,44	3,06	1,93	4,05	1,32

**Quadro 3.60** - Biomassa aérea dos campos N<sub>75</sub>I<sub>25</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub> Bloco 1	Folhas	0,30	0,64	2,24	2,28	2,83	0,29
	Caule	0,40	1,46	4,60	4,69	8,58	5,47
	Casca	0,17	0,60	1,69	2,04	3,02	1,76
	Cerne	0,23	0,86	2,91	2,65	5,56	3,70
	Total	0,70	2,10	6,83	6,97	11,41	5,75
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub> Bloco 2	Folhas	0,12	0,67	4,60	4,22	4,01	0,17
	Caule	0,20	1,63	4,94	4,87	8,00	5,51
	Casca	0,09	0,37	1,48	2,36	3,52	1,77
	Cerne	0,11	1,26	3,46	2,51	4,48	3,74
	Total	0,32	2,30	9,55	9,08	12,01	5,68
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub> Bloco 3	Folhas	0,23	1,03	2,02	5,50	7,50	0,08
	Caule	0,22	1,67	3,42	8,56	16,49	3,77
	Casca	0,11	0,70	1,29	3,71	5,84	1,59
	Cerne	0,11	0,97	2,13	4,85	10,65	2,18
	Total	0,45	2,70	5,44	14,05	23,99	3,85
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub>	Média	Folhas	0,22	0,78	2,95	4,00	0,18
		Caule	0,27	1,59	4,32	6,04	4,91
		Casca	0,13	0,56	1,49	2,70	1,71
		Cerne	0,15	1,03	2,83	3,34	3,21
		Total	0,49	2,37	7,27	10,04	5,09
	Desvio Padrão	Folhas	0,09	0,22	1,43	1,62	0,10
		Caule	0,11	0,11	0,80	2,18	0,99
		Casca	0,04	0,17	0,20	0,88	0,10
		Cerne	0,07	0,21	0,67	1,31	0,89
		Total	0,19	0,31	2,09	3,64	1,08

**Quadro 3.61** - Biomassa aérea dos campos N<sub>150</sub>I<sub>25</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub> Bloco 1	Folhas	0,34	0,82	2,97	3,80	6,90	0,38
	Caule	0,43	1,26	6,05	6,65	13,03	8,85
	Casca	0,20	0,61	2,06	3,33	6,67	3,06
	Cerne	0,23	0,65	3,99	3,32	6,36	5,79
	Total	0,77	2,08	9,02	10,45	19,92	9,23
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub> Bloco 2	Folhas	0,23	1,28	4,08	2,87	2,36	0,41
	Caule	0,23	1,70	4,96	2,65	7,99	12,37
	Casca	0,12	0,77	2,57	1,28	2,67	5,83
	Cerne	0,12	0,93	2,40	1,36	5,31	6,54
	Total	0,47	2,98	9,05	5,52	10,35	12,78
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub> Bloco 3	Folhas	0,20	0,39	2,16	4,26	4,91	1,09
	Caule	0,24	0,65	2,74	8,67	17,81	12,03
	Casca	0,11	0,11	1,09	4,20	7,93	3,03
	Cerne	0,13	0,54	1,65	4,46	9,88	9,00
	Total	0,45	1,05	4,89	12,93	22,72	13,12
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub>	Média	Folhas	0,26	0,83	3,07	3,64	0,63
		Caule	0,30	1,20	4,58	5,99	11,08
		Casca	0,14	0,50	1,90	2,94	3,97
		Cerne	0,16	0,71	2,68	3,05	7,11
		Total	0,56	2,04	7,65	9,63	11,71
	Desvio Padrão	Folhas	0,07	0,44	0,97	0,71	0,40
		Caule	0,11	0,52	1,69	3,07	1,94
		Casca	0,05	0,34	0,75	1,50	1,60
		Cerne	0,06	0,20	1,20	1,57	1,68
		Total	0,18	0,97	2,39	3,77	2,16

**Quadro 3.62** - Biomassa aérea dos campos N<sub>0</sub>I<sub>50</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub> Bloco 1	Folhas	0,27	1,93	3,70	7,71	8,54	0,36	
	Caule	0,30	2,12	4,08	10,04	22,72	5,20	
	Casca	0,14	1,08	1,90	5,60	10,04	1,25	
	Cerne	0,16	1,04	2,18	4,44	12,68	3,95	
	Total	0,57	4,05	7,77	17,75	31,26	5,56	
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub> Bloco 2	Folhas	0,16	0,45	1,61	2,41	3,28	0,11	
	Caule	0,23	0,59	2,00	2,95	6,37	9,71	
	Casca	0,11	0,32	0,75	1,28	2,33	2,97	
	Cerne	0,12	0,27	1,25	1,67	4,04	6,74	
	Total	0,40	1,04	3,61	5,35	9,65	9,83	
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub> Bloco 3	Folhas	0,20	0,18	1,01	2,02	4,90	0,81	
	Caule	0,28	0,24	1,56	3,01	6,94	10,37	
	Casca	0,12	0,06	0,60	1,69	3,66	3,14	
	Cerne	0,15	0,17	0,96	1,32	3,27	7,23	
	Total	0,48	0,42	2,57	5,03	11,84	11,18	
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub>	Média	Folhas	0,21	0,85	2,11	4,05	5,57	0,43
		Caule	0,27	0,98	2,54	5,33	12,01	8,43
		Casca	0,12	0,49	1,08	2,85	5,34	2,45
		Cerne	0,15	0,49	1,46	2,48	6,67	5,97
		Total	0,48	1,84	4,65	9,38	17,58	8,86
	Desvio Padrão	Folhas	0,05	0,94	1,41	3,18	2,69	0,35
		Caule	0,03	1,00	1,34	4,08	9,28	2,82
		Casca	0,02	0,53	0,71	2,38	4,12	1,05
		Cerne	0,02	0,47	0,64	1,71	5,23	1,77
		Total	0,09	1,94	2,75	7,25	11,89	2,93

**Quadro 3.63** - Biomassa aérea dos campos N<sub>75</sub>I<sub>50</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub> Bloco 1	Folhas	0,16	0,93	3,64	3,08	4,75	0,36	
	Caule	0,21	1,12	5,14	7,31	17,64	9,64	
	Casca	0,10	0,53	2,06	3,45	4,67	3,83	
	Cerne	0,11	0,58	3,08	3,87	12,97	5,81	
	Total	0,38	2,05	8,78	10,39	22,39	10,00	
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub> Bloco 2	Folhas	0,19	0,24	1,26	1,61	2,65	0,10	
	Caule	0,23	0,55	2,30	2,98	8,58	8,03	
	Casca	0,11	0,20	0,92	1,40	3,05	2,98	
	Cerne	0,12	0,35	1,38	1,58	5,52	5,04	
	Total	0,41	0,79	3,56	4,58	11,23	8,13	
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub> Bloco 3	Folhas	0,27	0,72	2,45	11,41	9,26	0,08	
	Caule	0,28	1,60	3,34	6,73	15,34	2,02	
	Casca	0,13	0,49	1,66	4,78	7,08	0,76	
	Cerne	0,15	1,11	1,67	1,96	8,25	1,26	
	Total	0,56	2,32	5,79	18,15	24,59	2,09	
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub>	Média	Folhas	0,21	0,63	2,45	5,37	5,55	0,18
		Caule	0,24	1,09	3,59	5,67	13,85	6,56
		Casca	0,11	0,41	1,55	3,21	4,94	2,52
		Cerne	0,13	0,68	2,05	2,47	8,91	4,04
		Total	0,45	1,72	6,05	11,04	19,40	6,74
	Desvio Padrão	Folhas	0,06	0,35	1,19	5,29	3,37	0,16
		Caule	0,04	0,53	1,44	2,35	4,71	4,02
		Casca	0,02	0,18	0,58	1,70	2,03	1,58
		Cerne	0,02	0,39	0,91	1,23	3,77	2,44
		Total	0,10	0,82	2,62	6,81	7,16	4,13

**Quadro 3.64 - Biomassa aérea dos campos N<sub>150</sub>I<sub>50</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub> Bloco 1	Folhas	0,36	1,00	1,91	3,52	7,61	0,49	
	Caule	0,58	3,80	7,79	7,62	17,82	11,15	
	Casca	0,27	0,88	2,16	3,48	6,72	4,04	
	Cerne	0,31	2,92	5,63	4,14	11,10	7,12	
	Total	0,94	4,80	9,70	11,14	25,43	11,64	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub> Bloco 2	Folhas	0,22	0,37	2,97	3,60	2,34	0,06	
	Caule	0,32	0,89	6,96	5,88	7,60	12,51	
	Casca	0,15	0,37	1,81	2,77	2,36	3,99	
	Cerne	0,17	0,52	5,14	3,10	5,24	8,52	
	Total	0,55	1,26	9,93	9,48	9,94	12,57	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub> Bloco 3	Folhas	0,20	1,01	2,54	2,69	8,02	1,25	
	Caule	0,30	1,54	5,47	5,48	22,79	17,48	
	Casca	0,13	0,66	1,96	2,52	7,82	5,96	
	Cerne	0,17	0,88	3,51	2,95	14,97	11,52	
	Total	0,50	2,55	8,00	8,17	30,81	18,73	
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub>	Média	Folhas	0,26	0,79	2,47	3,27	5,99	0,60
		Caule	0,40	2,08	6,74	6,32	16,07	13,72
		Casca	0,18	0,64	1,98	2,93	5,63	4,66
		Cerne	0,22	1,44	4,76	3,40	10,43	9,05
		Total	0,66	2,87	9,21	9,60	22,06	14,31
	Desvio Padrão	Folhas	0,09	0,37	0,53	0,50	3,17	0,60
		Caule	0,16	1,53	1,18	1,14	7,75	3,33
		Casca	0,07	0,26	0,17	0,50	2,89	1,12
		Cerne	0,08	1,29	1,11	0,65	4,90	2,25
		Total	0,24	1,79	1,05	1,49	10,84	3,85

**Quadro 3.65 - Biomassa aérea dos campos N<sub>0</sub>I<sub>100</sub> no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca**

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub> Bloco 1	Folhas	0,21	0,64	2,08	3,90	6,58	0,12	
	Caule	0,21	0,75	2,84	5,40	16,64	14,51	
	Casca	0,11	0,35	1,28	2,24	5,81	4,24	
	Cerne	0,10	0,40	1,56	3,16	10,83	10,26	
	Total	0,42	1,38	4,92	9,30	23,22	14,63	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub> Bloco 2	Folhas	0,11	1,09	1,62	2,68	2,57	0,47	
	Caule	0,14	1,38	2,28	5,12	7,31	9,42	
	Casca	0,07	0,69	1,04	2,17	3,14	2,87	
	Cerne	0,08	0,69	1,24	2,95	4,18	6,55	
	Total	0,25	2,47	3,91	7,80	9,88	9,89	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub> Bloco 3	Folhas	0,16	0,40	2,54	2,65	6,10	0,52	
	Caule	0,20	0,58	4,17	3,96	9,16	14,00	
	Casca	0,09	0,26	1,68	1,87	3,89	3,57	
	Cerne	0,11	0,32	2,48	2,09	5,27	10,43	
	Total	0,36	0,97	6,70	6,61	15,26	14,52	
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Média	Folhas	0,16	0,71	2,08	3,08	5,08	0,37
		Caule	0,19	0,90	3,10	4,83	11,04	12,64
		Casca	0,09	0,43	1,33	2,09	4,28	3,56
		Cerne	0,10	0,47	1,76	2,74	6,76	9,08
		Total	0,35	1,61	5,18	7,91	16,12	13,02
	Desvio Padrão	Folhas	0,05	0,35	0,46	0,71	2,19	0,22
		Caule	0,04	0,42	0,97	0,76	4,94	2,80
		Casca	0,02	0,23	0,33	0,20	1,38	0,69
		Cerne	0,02	0,19	0,64	0,57	3,57	2,19
		Total	0,09	0,77	1,42	1,35	6,71	2,70

**Quadro 3.66** - Biomassa aérea dos campos  $N_{75}I_{100}$  no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
$N_{75}I_{100}$ Bloco 1	Folhas	0,24	0,88	2,35	4,08	5,95	0,38	
	Caule	0,39	2,21	3,03	5,79	12,36	10,62	
	Casca	0,16	0,66	0,78	3,89	5,21	3,72	
	Cerne	0,24	1,55	2,25	1,91	7,15	6,90	
	Total	0,64	3,09	5,38	9,87	18,31	10,99	
$N_{75}I_{100}$ Bloco 2	Folhas	0,16	0,52	2,18	5,21	6,38	1,01	
	Caule	0,29	0,95	2,35	6,10	6,62	18,50	
	Casca	0,13	0,43	1,09	2,94	3,21	6,22	
	Cerne	0,16	0,52	1,26	3,16	3,41	12,28	
	Total	0,45	1,47	4,53	11,31	13,00	19,51	
$N_{75}I_{100}$ Bloco 3	Folhas	0,16	0,48	2,39	3,42	5,80	0,25	
	Caule	0,19	0,98	3,87	5,68	16,50	7,45	
	Casca	0,09	0,39	1,55	2,57	5,51	2,52	
	Cerne	0,10	0,59	2,31	3,12	10,98	4,93	
	Total	0,35	1,46	6,25	9,11	22,30	7,70	
$N_{75}I_{100}$	Média	Folhas	0,19	0,63	2,30	4,24	6,04	0,54
		Caule	0,29	1,38	3,08	5,86	11,83	12,19
		Casca	0,13	0,49	1,14	3,13	4,64	4,15
		Cerne	0,17	0,89	1,94	2,73	7,18	8,04
		Total	0,48	2,01	5,39	10,10	17,87	12,73
	Desvio Padrão	Folhas	0,05	0,22	0,11	0,90	0,30	0,41
		Caule	0,10	0,72	0,76	0,22	4,96	5,69
		Casca	0,03	0,15	0,39	0,68	1,25	1,89
		Cerne	0,07	0,57	0,59	0,71	3,78	3,81
		Total	0,14	0,94	0,86	1,12	4,67	6,09

**Quadro 3.67** - Biomassa aérea dos campos  $N_{150}I_{100}$  no ensaio de 2006, em t/ha de massa seca

Datas de amostragem		18 Jul	08 Ago	28 Ago	18 Set	17 Out	13 Dez	
Dias após Sement.		75	96	116	137	166	223	
$N_{150}I_{100}$ Bloco 1	Folhas	0,43	0,96	2,38	3,71	6,60	1,41	
	Caule	1,01	1,73	5,02	7,85	17,87	12,88	
	Casca	0,30	0,84	2,22	3,64	6,61	3,73	
	Cerne	0,71	0,88	2,80	4,21	11,26	9,15	
	Total	1,44	2,69	7,40	11,56	24,47	14,29	
$N_{150}I_{100}$ Bloco 2	Folhas	0,21	0,41	1,80	4,60	5,64	0,09	
	Caule	0,35	0,54	2,83	4,47	11,91	13,90	
	Casca	0,16	0,28	1,29	1,81	4,70	5,28	
	Cerne	0,19	0,26	1,55	2,65	7,21	8,62	
	Total	0,55	0,95	4,64	9,06	17,55	13,98	
$N_{150}I_{100}$ Bloco 3	Folhas	0,14	1,22	3,83	3,81	4,64	0,00	
	Caule	0,20	1,66	6,67	8,04	18,79	5,58	
	Casca	0,10	0,78	3,13	3,02	6,28	1,80	
	Cerne	0,10	0,88	3,54	5,02	12,51	3,78	
	Total	0,33	2,88	10,50	11,85	23,43	5,58	
$N_{150}I_{100}$	Média	Folhas	0,26	0,87	2,67	4,04	5,63	0,50
		Caule	0,52	1,31	4,84	6,79	16,19	10,78
		Casca	0,18	0,64	2,21	2,82	5,87	3,60
		Cerne	0,33	0,67	2,63	3,96	10,32	7,18
		Total	0,77	2,17	7,51	10,83	21,82	11,28
	Desvio Padrão	Folhas	0,15	0,41	1,04	0,49	0,98	0,79
		Caule	0,43	0,67	1,92	2,01	3,74	4,54
		Casca	0,10	0,31	0,92	0,93	1,02	1,74
		Cerne	0,33	0,36	1,01	1,21	2,77	2,96
		Total	0,58	1,06	2,93	1,53	3,73	4,94

### 3.4 Azoto na biomassa

Nos quadros 3.68 a 3.73 apresentam-se os resultados obtidos nas determinações da concentração de azoto na biomassa, nos compartimentos separados das plantas, folhas, caule externo (casca) e caule interno (cerne). O valor global para a planta é calculado, tendo em conta o peso relativo de cada compartimento na biomassa total da amostra.

Os resultados obtidos nos diferentes ensaios e anos revelam uma tendência geral comum. O teor de azoto nas folhas é superior ao teor de azoto nas componentes do caule. O teor de azoto na “casca” é superior ao teor de azoto no caule interno lenhificado, ou “cerne”.

Interessa também realçar que, nas plantas mais jovens, o teor de azoto nas folhas é superior ao teor de azoto nas folhas das plantas mais velhas. Esta observação, em conjunto com o facto de que o peso relativo do caule vai aumentando à medida que o ciclo de crescimento avança, resulta em que a concentração global de azoto na planta diminua com o avanço do ciclo de crescimento, ou seja, quando a biomassa aérea aumenta. Este assunto será discutido com maior detalhe mais adiante.

**Quadro 3.68** - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio SVD, em 2003

Datas		11/08	25/08	08/09	22/09	13/10	10/11	05/01/2004
DAS <sub>1</sub>		46	60	74	88	109	137	193
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	4,19	2,15	2,16	2,06	2,35	-	-
	Casca	1,45	0,69	0,27	0,79	0,72	0,73	0,90
	Cerne		0,16	0,25	0,17	0,20	0,10	0,27
	Planta	2,75	0,99	0,76	0,77	0,71	0,33	0,50
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	4,30	1,87	1,64	1,69	2,32	-	-
	Casca		0,52	0,30	0,47	0,73	0,72	0,96
	Cerne	1,11	0,27	0,31	0,35	0,14	0,19	0,19
	Planta	2,33	0,81	0,57	0,58	0,38	0,40	0,41
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	3,97	2,64	1,78	2,81	2,35	-	-
	Casca		0,65	0,47	0,61	0,61	0,88	1,19
	Cerne	1,58	0,32	0,18	0,31	0,17	0,15	0,08
	Planta	2,64	1,34	0,76	0,76	0,48	0,44	0,34
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	6,82	1,96	2,29	2,07	2,50	-	-
	Casca		0,57	0,58	0,64	0,72	0,69	1,35
	Cerne	1,37	0,48	0,40	0,61	0,17	0,15	0,21
	Planta	4,06	0,92	0,93	0,90	0,53	0,33	0,60
DAS <sub>2</sub>		31	45	59	73	94	122	178
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	6,71	4,03	3,54	3,87	2,86	-	-
	Casca		1,01	0,73	1,07	0,76	0,91	0,92
	Cerne	2,28	0,68	0,82	0,68	0,45	0,57	0,35
	Planta	5,23	2,31	1,84	1,67	0,89	0,74	0,56
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	3,19	3,80	2,57	3,71	2,80	-	-
	Casca		1,31	1,03	1,31	1,16	1,75	2,38
	Cerne	2,75	2,04	1,47	1,95	1,23	0,91	2,79
	Planta	3,03	2,60	1,68	2,25	1,38	1,22	2,64
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	2,19	5,70	3,38	3,36	1,85	-	-
	Casca		1,12	0,89	0,91	1,46	2,59	0,70
	Cerne	3,77	1,36	0,82	0,84	1,02	0,54	0,03
	Planta	2,78	3,59	1,76	1,61	1,38	1,34	0,30
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	3,52	2,80	2,38	2,36	2,95	-	-
	Casca		1,09	0,79	1,11	0,75	1,34	0,78
	Cerne	3,49	0,91	0,72	0,94	0,43	1,34	0,36
	Planta	3,51	1,70	1,34	1,41	1,07	1,34	0,52

**Quadro 3.69** - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio SVD, em 2004

Datas		2/09/2004	21/09/2004	12/10/2004	3/11/2004	07/12/2004
DAS <sub>1</sub>		52	71	92	114	148
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	4,67	1,62	1,89	1,67	2,31
	Casca	1,07	0,647	0,572	0,539	0,767
	Cerne	1,35	0,310	0,367	0,121	0,286
	Planta	2,56	0,85	1,03	0,57	0,50
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	4,28	1,76	1,78	2,51	1,73
	Casca	1,35	0,494	0,537	0,457	0,676
	Cerne	2,47	0,424	0,410	0,103	0,360
	Planta	2,64	1,01	0,97	0,73	0,66
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	4,44	1,90	1,71	1,70	2,59
	Casca	0,930	0,555	0,628	0,573	0,856
	Cerne	0,934	0,487	0,309	0,262	0,526
	Planta	2,24	1,15	0,83	0,64	0,80
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	3,92	1,44	1,92	2,48	2,25
	Casca	1,06	0,467	0,667	0,470	0,666
	Cerne	1,39	0,371	0,264	0,163	0,332
	Planta	2,31	0,83	0,96	0,66	0,61
DAS <sub>2</sub>		31	50	71	93	127
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	4,45	1,92	1,81	2,38	2,25
	Casca	2,13	0,658	0,562	0,696	0,795
	Cerne	2,56	0,447	0,394	0,284	0,277
	Planta	3,16	1,22	0,95	1,05	0,59
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	4,86	1,92	2,00	3,21	2,59
	Casca	2,67	0,911	0,645	0,886	0,934
	Cerne	1,89	0,417	0,384	0,387	0,362
	Planta	3,13	1,22	1,01	1,18	0,72
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	4,89	2,43	1,94	2,38	2,36
	Casca	2,13	0,683	0,763	0,733	0,854
	Cerne	2,03	0,560	0,508	0,417	0,415
	Planta	3,09	1,37	1,23	0,96	0,79
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	4,30	1,31	1,77	1,93	1,05
	Casca	2,28	0,415	0,552	0,720	0,642
	Cerne	2,12	0,274	0,252	0,130	0,258
	Planta	2,89	0,68	0,77	0,67	0,41



**Quadro 3.70** - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio SVD, em 2005, valores médios e desvio padrão entre blocos.

Datas		19/07/2005	10/08/2005	21/09/2005	05/12/2005
DAS <sub>1</sub>		76	98	140	215
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	2,29 ± 0,44	-	1,86 ± 0,15	1,97 ± 0,37
	Casca	0,69 ± 0,20	-	0,37 ± 0,09	0,46 ± 0,25
	Cerne	0,57 ± 0,16	-	0,33 ± 0,14	0,23 ± 0,12
	Planta	1,37	-	0,84	0,39
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	2,58 ± 0,30	-	1,35 ± 0,14	2,08 ± 0,05
	Casca	0,85 ± 0,17	-	0,23 ± 0,03	0,39 ± 0,09
	Cerne	0,59 ± 0,10	-	0,17 ± 0,03	0,19 ± 0,04
	Planta	1,73	-	0,58	0,35
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	3,08 ± 0,18	-	1,68 ± 0,45	1,80 ± 0,41
	Casca	0,97 ± 0,13	-	0,46 ± 0,20	0,39 ± 0,11
	Cerne	0,97 ± 0,13	-	0,22 ± 0,02	0,32 ± 0,04
	Planta	1,97	-	0,68	0,40
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	2,94 ± 0,81	-	1,65 ± 0,19	2,31 ± 0,47
	Casca	0,82 ± 0,29	-	0,30 ± 0,05	0,34 ± 0,11
	Cerne	0,87 ± 0,39	-	0,21 ± 0,05	0,20 ± 0,02
	Planta	1,84	-	0,59	0,31
DAS <sub>2</sub>		34	56	98	173
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	-	3,97 ± 0,47	2,22 ± 0,31	1,82 ± 0,77
	Casca	-	1,14 ± 0,12	0,39 ± 0,02	0,54 ± 0,10
	Cerne	-	1,17 ± 0,40	0,20 ± 0,03	0,27 ± 0,05
	Planta	-	2,36	1,15	0,43
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	-	3,53 ± 0,36	1,96 ± 0,20	1,94 ± 0,21
	Casca	-	1,10 ± 0,07	0,41 ± 0,04	0,49 ± 0,09
	Cerne	-	1,39 ± 0,13	0,27 ± 0,06	0,21 ± 0,03
	Planta	-	2,21	0,77	0,38
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	Folhas	-	4,11 ± 0,25	2,58 ± 0,59	1,76 ± 0,03
	Casca	-	1,17 ± 0,14	0,44 ± 0,04	0,60 ± 0,07
	Cerne	-	1,14 ± 0,13	0,26 ± 0,17	0,30 ± 0,09
	Planta	-	2,24	0,99	0,44
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	Folhas	-	4,10 ± 0,61	2,46 ± 0,43	1,95 ± 0,25
	Casca	-	1,10 ± 0,17	0,53 ± 0,19	0,70 ± 0,21
	Cerne	-	1,34 ± 0,34	0,35 ± 0,15	0,23 ± 0,03
	Planta	-	2,68	1,03	0,49

**Quadro 3.71 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio NI, em 2003**

Datas		08/08	23/08	05/09	19/09	02/10	07/11	08/01/2004
DAS		35	50	63	77	90	126	188
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	2,37	1,95	2,20	2,28	2,75	-	-
	Casca		0,80	0,41	0,43	0,64	0,71	0,62
	Cerne	1,28	0,38	0,45	0,22	0,26	0,36	0,46
	Planta	1,90	1,12	0,98	0,81	0,93	0,50	0,52
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	3,60	4,06	3,19	2,78	2,92	-	-
	Casca		1,36	0,78	0,47	0,59	0,51	0,65
	Cerne	1,43	1,20	1,07	0,32	0,37	0,29	0,26
	Planta	2,78	2,52	1,64	0,83	0,83	0,38	0,42
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	3,88	4,56	4,04	3,51	2,92	-	-
	Casca		1,13	0,95	0,65	0,88	0,57	0,80
	Cerne	2,61	1,43	1,42	0,72	0,52	0,60	0,35
	Planta	3,44	2,70	2,14	1,81	1,25	0,58	0,52
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	2,84	2,43	2,43	2,18	2,38	-	-
	Casca		0,66	0,28	0,47	0,59	0,94	0,78
	Cerne	3,60	0,35	0,31	0,29	0,27	0,53	0,16
	Planta	3,12	1,40	0,87	0,85	0,70	0,66	0,38
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	2,85	3,93	3,62	2,89	2,96	-	-
	Casca		1,46	1,07	0,57	0,83	0,72	0,81
	Cerne	1,25	0,97	1,30	0,50	0,73	1,26	0,18
	Planta	2,45	2,54	2,00	1,28	1,11	1,18	0,45
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	3,43	4,07	3,07	3,11	2,92	-	-
	Casca		0,86	0,51	0,62	0,60	0,55	0,89
	Cerne	1,47	1,40	0,74	0,48	0,49	0,90	0,45
	Planta	2,73	2,62	1,35	1,20	0,98	0,76	0,59
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	3,61	2,51	3,04	2,27	2,64	-	-
	Casca		0,79	0,86	0,53	0,59	0,93	0,81
	Cerne	1,39	0,62	1,15	0,25	0,74	0,38	0,16
	Planta	2,62	1,56	1,68	0,89	1,06	0,61	0,38
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	3,70	2,68	2,61	2,79	2,73	-	-
	Casca		1,08	0,67	0,56	0,63	0,85	0,71
	Cerne	2,29	0,80	0,52	0,47	0,36	0,47	0,18
	Planta	3,18	1,66	1,20	1,25	0,83	0,63	0,38
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	4,15	5,66	4,19	3,20	3,41	-	-
	Casca		1,55	0,53	0,64	1,03	1,54	0,57
	Cerne	2,17	1,75	0,41	0,90	0,45	0,70	0,35
	Planta	3,47	3,49	1,84	1,39	1,19	0,90	0,44
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	2,65	0,46	2,08	2,41	2,17	-	-
	Casca		0,65	0,46	0,46	1,12	0,54	0,66
	Cerne	1,21	0,86	0,48	0,29	0,20	0,53	0,40
	Planta	2,17	0,63	1,01	0,68	0,79	0,53	0,49
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	3,05	2,86	2,89	2,67	2,66	-	-
	Casca		0,90	0,62	0,55	0,59	0,69	0,76
	Cerne	2,01	0,70	0,45	0,37	0,24	0,41	0,32
	Planta	2,66	1,83	1,16	1,09	0,83	0,53	0,49
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	2,75	4,71	3,03	3,07	2,49	-	-
	Casca		1,32	0,70	0,64	0,67	1,54	0,73
	Cerne	1,75	1,85	0,73	0,73	0,46	0,78	0,43
	Planta	2,45	3,37	1,56	1,33	0,84	1,12	0,73

**Quadro 3.72 - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio NI, em 2004**

Datas		27/09/2004	20/10/2004	09/11/2004	13/12/2004
DAS		70	93	113	147
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	1,87	2,23	2,12	2,45
	Casca	0,554	0,575	0,715	0,841
	Cerne	0,263	0,271	0,224	0,629
	Planta	0,93	0,87	0,83	0,77
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	1,47	1,87	2,50	2,22
	Casca	0,505	0,461	0,555	1,08
	Cerne	0,310	0,351	0,289	0,360
	Planta	0,88	0,77	0,77	0,61
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	2,64	2,50	2,59	2,51
	Casca	0,712	0,748	0,844	0,975
	Cerne	0,391	0,310	0,617	0,422
	Planta	1,25	0,95	1,17	0,69
N <sub>0</sub> I <sub>2,5</sub>	Folhas	1,70	2,52	2,18	2,27
	Casca	0,576	0,760	0,671	1,02
	Cerne	0,576	0,413	0,205	0,314
	Planta	1,11	1,07	0,84	0,65
N <sub>75</sub> I <sub>2,5</sub>	Folhas	1,58	2,31	2,46	2,40
	Casca	0,504	0,673	0,721	1,05
	Cerne	0,275	0,412	0,229	0,319
	Planta	0,93	0,86	1,03	0,67
N <sub>150</sub> I <sub>2,5</sub>	Folhas	1,90	2,22	2,34	2,26
	Casca	0,609	0,813	0,598	0,912
	Cerne	0,400	0,296	0,295	0,234
	Planta	0,94	0,89	0,83	0,53
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	1,73	1,83	2,39	2,62
	Casca	0,524	0,863	0,882	0,877
	Cerne	0,359	0,403	0,381	0,252
	Planta	1,01	1,03	1,14	0,57
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	2,01	2,38	2,73	2,79
	Casca	0,655	0,663	0,774	0,833
	Cerne	0,443	0,243	0,249	0,389
	Planta	1,01	0,82	0,89	0,74
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	2,58	2,65	2,90	2,48
	Casca	0,652	0,687	0,673	0,837
	Cerne	0,381	0,247	0,295	0,339
	Planta	1,10	0,92	0,89	0,55
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	2,02	3,04	2,11	2,35
	Casca	0,623	0,992	0,848	0,884
	Cerne	0,340	0,467	0,309	0,298
	Planta	1,18	1,41	0,92	0,58
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	1,80	2,16	2,73	2,45
	Casca	0,649	0,621	0,736	0,848
	Cerne	0,408	0,345	0,309	0,430
	Planta	1,05	0,96	1,11	0,71
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	1,85	2,19	2,62	2,07
	Casca	0,644	0,664	0,793	1,30
	Cerne	0,472	0,346	0,368	0,269
	Planta	1,10	0,98	1,11	0,69

**Quadro 3.73** - Azoto na biomassa, em percentagem sobre a massa seca, no ensaio NI, em 2005, valores médios e desvio padrão entre blocos.

Datas		02/08/2005	03/10/2005	13/12/2005
DAS		69	131	202
N <sub>0</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	1,80 ± 0,49	1,87 ± 0,25	2,73 ± 1,28
	Casca	0,85 ± 0,20	0,61 ± 0,05	0,61 ± 0,21
	Cerne	0,47 ± 0,15	0,47 ± 0,18	0,49 ± 0,21
	Planta	1,13	0,85	0,99
N <sub>75</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	2,47 ± 0,49	1,66 ± 0,09	2,94 ± 0,47
	Casca	0,65 ± 0,16	0,40 ± 0,05	0,95 ± 0,06
	Cerne	0,64 ± 0,30	0,31 ± 0,13	0,73 ± 0,35
	Planta	1,36	0,83	0,92
N <sub>150</sub> I <sub>0</sub>	Folhas	2,90 ± 0,40	2,01 ± 0,04	2,45 ± 0,70
	Casca	1,01 ± 0,51	0,53 ± 0,22	0,60 ± 0,47
	Cerne	0,48 ± 0,14	0,65 ± 0,42	0,34 ± 0,06
	Planta	1,54	0,99	0,46
N <sub>0</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	1,93 ± 0,78	1,65 ± 0,28	2,28 ± 0,62
	Casca	0,68 ± 0,19	0,40 ± 0,02	0,58 ± 0,12
	Cerne	0,71 ± 0,69	0,36 ± 0,07	0,35 ± 0,30
	Planta	1,23	0,78	0,61
N <sub>75</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	1,94 ± 0,25	1,48 ± 0,30	1,95 ± 0,07
	Casca	1,17 ± 1,11	0,35 ± 0,07	0,62 ± 0,03
	Cerne	0,33 ± 0,14	0,28 ± 0,08	0,37 ± 0,13
	Planta	1,22	0,62	0,51
N <sub>150</sub> I <sub>25</sub>	Folhas	3,22 ± 0,13	1,47 ± 0,39	1,56 ± 0,11
	Casca	0,97 ± 0,26	0,53 ± 0,11	0,61 ± 0,13
	Cerne	0,82 ± 0,47	0,23 ± 0,07	0,30 ± 0,22
	Planta	1,94	0,68	0,47
N <sub>0</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	1,88 ± 0,17	1,60 ± 0,22	1,87 ± 0,13
	Casca	0,57 ± 0,35	0,34 ± 0,07	0,56 ± 0,16
	Cerne	0,42 ± 0,16	0,39 ± 0,05	0,34 ± 0,15
	Planta	1,18	0,82	0,48
N <sub>75</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	3,12 ± 0,79	1,51 ± 0,07	1,76 ± 0,35
	Casca	0,71 ± 0,06	0,35 ± 0,02	0,55 ± 0,28
	Cerne	0,75 ± 0,25	0,26 ± 0,07	0,36 ± 0,23
	Planta	1,61	0,59	0,47
N <sub>150</sub> I <sub>50</sub>	Folhas	3,12 ± 0,40	1,93 ± 0,25	2,33 ± 0,27
	Casca	0,91 ± 0,06	0,40 ± 0,08	0,58 ± 0,18
	Cerne	1,20 ± 0,48	0,29 ± 0,03	0,33 ± 0,13
	Planta	1,99	0,73	0,50
N <sub>0</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	2,55 ± 0,82	1,21 ± 0,25	1,90 ± 0,30
	Casca	0,73 ± 0,35	0,28 ± 0,05	0,42 ± 0,03
	Cerne	0,60 ± 0,14	0,28 ± 0,14	0,34 ± 0,02
	Planta	1,62	0,49	0,41
N <sub>75</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	3,01 ± 0,58	1,76 ± 0,07	2,08 ± 0,48
	Casca	0,70 ± 0,19	0,29 ± 0,00	0,73 ± 0,13
	Cerne	0,60 ± 0,33	0,53 ± 0,36	0,31 ± 0,15
	Planta	1,69	0,74	0,46
N <sub>150</sub> I <sub>100</sub>	Folhas	3,05 ± 1,18	1,50 ± 0,27	2,20 ± 0,34
	Casca	0,81 ± 0,35	0,39 ± 0,05	0,49 ± 0,09
	Cerne	0,38 ± 0,12	0,33 ± 0,19	0,21 ± 0,06
	Planta	1,83	0,72	0,39

## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito da data de sementeira, variedade e densidade

Para a generalidade das utilizações identificadas na introdução, que podem introduzir maior valor económico na exploração do kenaf, o caule é parte mais importante da planta. Desta forma, interessa identificar, de entre os factores testados nos ensaios de campo, quais são os que condicionam de forma significativa a maximização da produção deste compartimento da biomassa. No capítulo anterior, foram apresentados de forma cronológica os dados obtidos nos ensaios SVD em cada ano. Desse conjunto de dados, fez-se a extracção dos valores máximos de biomassa seca de caule obtidos, e é com esses valores que irá ser avaliado o efeito de cada um dos factores envolvidos: Data de Sementeira, Variedade e Densidade.

#### 4.1.1 Ano de 2003

No quadro 4.1 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio SVD, no ano de 2003. No quadro 4.2 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Não existem diferenças de produção associadas ao factor Variedade. Os factores Data de Sementeira e Densidade influenciaram de forma muito significativa a produção máxima de caule.

O segundo nível de análise destina-se a identificar a existência de interacção entre os factores estudados. Como o factor Variedade não é gerador de diferenças, os resultados obtidos com diferentes variedades, em condições semelhantes dos outros dois factores, serão considerados replicados, na continuação da análise. Por exemplo,  $S_1V_1D_1$  e  $S_1V_2D_1$  são considerados medições independentes das condições de ensaio  $S_1D_1$ .

**Quadro 4.1** - Produção máxima de caule no ensaio SVD no ano de 2003.

Campo	Produção máxima de caule (massa seca, t/ha)
$S_1V_1D_1$	5,90
$S_1V_1D_2$	7,00
$S_1V_2D_1$	6,00
$S_1V_2D_2$	6,90
$S_2V_1D_1$	3,40
$S_2V_1D_2$	5,10
$S_2V_2D_1$	4,10
$S_2V_2D_2$	4,80

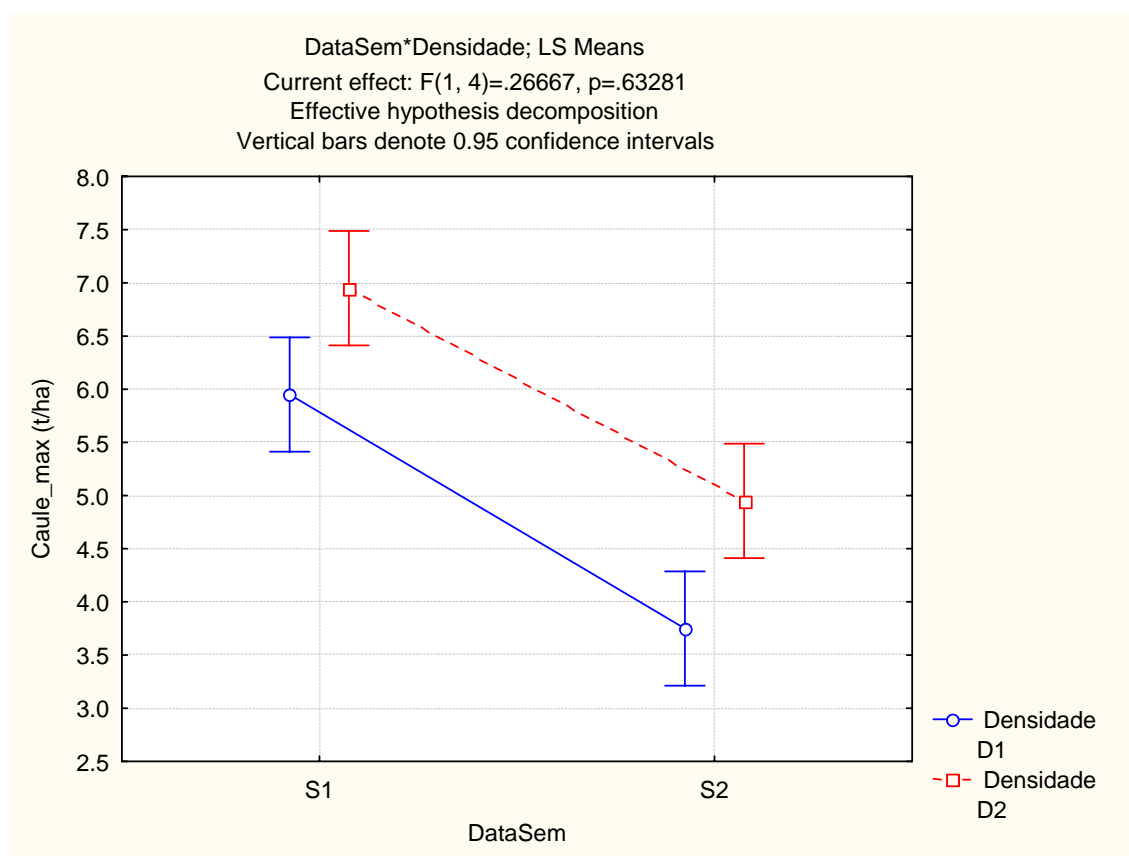
**Quadro 4.2** - Análise de efeitos principais (Ensaio SVD, 2003).

Efeito	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	233,28	1	233,28	3110,4	0,000001
Data Sem.	8,82	1	8,82	117,6	0,00041
Variedade	0,02	1	0,02	0,267	0,632812
Densidade	2,42	1	2,42	32,267	0,004741
Erro	0,30	4	0,075		

**Quadro 4.3** - Análise da interacção entre Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2003).

Efeito	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	233,28	1	233,28	3110,4	0,000001
Data Sem.	8,82	1	8,82	117,6	0,00041
Densidade	2,42	1	2,42	32,267	0,004741
Data Sem.*Densidade	0,02	1	0,02	0,267	0,632813
Erro	0,30	4	0,075		

No quadro 4.3 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de interacção entre os factores Data de Sementeira e Densidade. Na figura 4.1 ilustra-se de forma gráfica o resultado obtido. O valor de  $p \approx 0,633$  obtido na linha correspondente à interacção denota a não existência da mesma. No gráfico, isso é realçado pelo quase paralelismo entre os dois segmentos de recta representados. Pode verificar-se que, para cada data de sementeira, a produção obtida com  $D_2$  foi superior à produção obtida com  $D_1$ . Para cada densidade, a produção obtida com  $S_1$  foi superior à produção obtida com  $S_2$ . A diferença de produções dentre datas de sementeira é superior à diferença de produções entre densidades. No quadro 4.4 apresentam-se os resultados obtidos na comparação “*post-hoc*”, pelo método da mínima diferença significativa de Fischer, para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Verifica-se que os cruzamentos  $S \times D$  são todos diferentes entre si. O efeito da Data de Sementeira sobrepõe-se ao efeito da Densidade.



**Figura 4.1** - Análise da interacção entre os efeitos Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2003).

**Quadro 4.4** - Comparação Post-hoc. Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$ . (Ensaio SVD, 2003).

DataSem	Densidade	Caule_max (t/ha)	Grupos			
			1	2	3	4
S2	D1	3,75	*			
S2	D2	4,95		*		
S1	D1	5,95			*	
S1	D2	6,95				*

#### 4.1.2 Ano de 2004

No quadro 4.5 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio SVD, no ano de 2004. No quadro 4.6 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Não existem diferenças de produção associadas ao factor Variedade. Os factores Data de Sementeira e Densidade influenciaram de forma significativa a produção máxima de caule.

Tal como aconteceu na análise dos resultados do ano de 2003, na pesquisa de existência de interacção entre os factores Data de Sementeira e Densidade, os resultados obtidos com diferentes variedades, em condições semelhantes dos outros dois factores, serão considerados replicados, na continuação da análise.

**Quadro 4.5 - Produção máxima de caule no ensaio SVD no ano de 2004.**

Campo	Produção máxima de caule (massa seca, t/ha)
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	3,27
S <sub>1</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	6,45
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	2,95
S <sub>1</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	10,96
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	0,62
S <sub>2</sub> V <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	1,64
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	0,86
S <sub>2</sub> V <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	4,61

**Quadro 4.6 - Análise de efeitos principais (Ensaio SVD, 2004).**

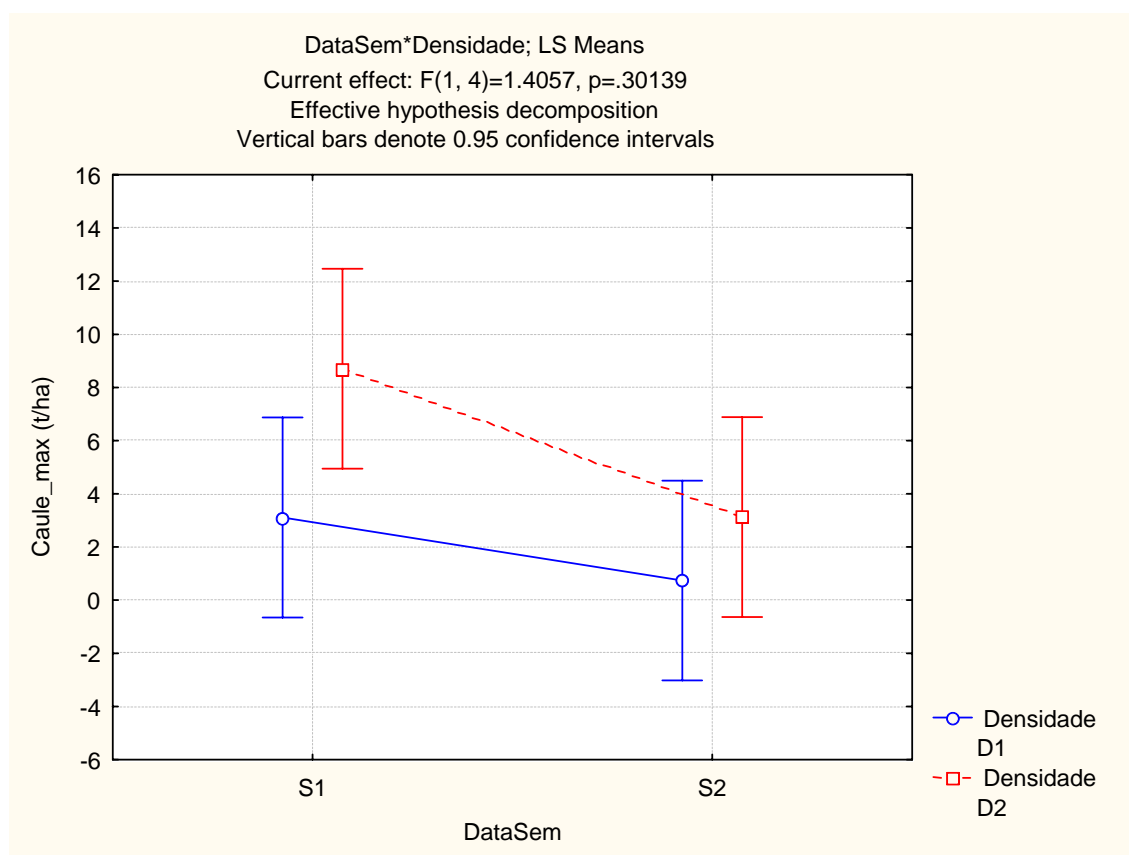
Efeito	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	122,9312	1	122,9312	37,91964	0,003529
DataSem	31,6012	1	31,6012	9,74779	0,035453
Variedade	6,8450	1	6,8450	2,11142	0,219862
Densidade	31,8402	1	31,8402	9,82150	0,035052
Error	12,9675	4	3,2419		

No quadro 4.7 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de interacção entre os factores Data de Sementeira e Densidade. Na figura 4.2 ilustra-se de forma gráfica o resultado obtido. O valor de  $p \approx 0,301$ , obtido na linha correspondente à interacção, denota que a mesma não é significativa.

**Quadro 4.7 - Análise da interacção entre Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2004).**

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	122,9312	1	122,9312	33,54079	0,004418
DataSem	31,6012	1	31,6012	8,62215	0,042544
Densidade	31,8402	1	31,8402	8,68734	0,042077
DataSem*Densidade	5,1521	1	5,1521	1,40570	0,301391
Error	14,6605	4	3,6651		

No gráfico, os dois segmentos de recta representados apresentam alguma divergência, mas esta não é suficiente para indicar a existência de interacção significativa. Pode verificar-se que, para cada data de sementeira, a produção obtida com D<sub>2</sub> parece ser superior à produção obtida com D<sub>1</sub>. Para cada densidade, a produção obtida com S<sub>1</sub> parece ser superior à produção obtida com S<sub>2</sub>. No entanto, em S<sub>2</sub>, a diferença entre as densidades não é significativa, tal como, para D<sub>1</sub>, a diferença entre as datas de sementeira também não é. A diferença de produções entre S<sub>1</sub>D<sub>1</sub> e S<sub>2</sub>D<sub>2</sub> também não é significativa.



**Figura 4.2** - Análise da interacção entre os efeitos Data de Sementeira e Densidade (Ensaio SVD, 2004).

Embora não exista interacção entre os efeitos Data de Sementeira e Densidade, o efeito da Data de Sementeira parece ser mais evidente na Densidade  $D_2$  e o efeito da Densidade parece ser mais evidente na Data de Sementeira  $S_1$ . No quadro 4.8 apresentam-se os resultados obtidos na comparação “*post-hoc*”, pelo método da mínima diferença significativa de Fischer, para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Verifica-se que, de todos os cruzamentos entre os dois factores, apenas o cruzamento  $S_1D_2$  é significativamente diferente dos restantes, para  $\alpha = 0.05$ .

**Quadro 4.8** - Comparação Post-hoc. Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio SVD, 2004).

DataSem	Densidade	Caule_max (t/ha)	Grupos	
			1	2
S2	D1	0,74	*	
S1	D1	3,11	*	
S2	D2	3,13	*	
S1	D2	8,71		*



### 4.1.3 Ano de 2005

No quadro 4.9 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio SVD, no ano de 2005. No quadro 4.10 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Neste ano, o ensaio foi realizado com replicados (Blocos). Desta forma, interessa avaliar em primeiro lugar, se os blocos são, de facto, replicados, ou se existem diferenças de produção associadas à colheita independente de dados. Como já tinha sido referido, em dois campos do Bloco 3 ( $S_1V_2D_1$  e  $S_1V_2D_2$ ) houve troca de semente e a variedade semeada não correspondeu à pretendida para aqueles campos. Desta forma, os dados desses campos não foram considerados na análise. Como se pode ver no quadro 4.10, o valor de  $p \approx 0,057$  na linha correspondente ao efeito Bloco indicia a possibilidade de existência de diferenças de produção associadas a este factor. No quadro 4.11, verifica-se que a produção do Bloco 3 é significativamente diferente da observada nos outros dois. Desta forma, a análise posterior prossegue, considerando só os dados obtidos nos Blocos 1 e 2. No quadro 4.10 pode ainda verificar-se que, considerando ainda os dados do Bloco 3, o principal efeito gerador de diferenças de produção é a Densidade de Sementeira.

**Quadro 4.9** - Produção máxima de caule no ensaio SVD no ano de 2005.

Campo	Produção máxima de caule (massa seca, t/ha)		
	Bloco 1	Bloco2	Bloco 3
$S_1V_1D_1$	12,33	13,34	7,02
$S_1V_1D_2$	25,55	13,08	13,00
$S_1V_2D_1$	12,61	10,67	***
$S_1V_2D_2$	23,50	28,84	***
$S_2V_1D_1$	4,11	8,70	6,34
$S_2V_1D_2$	18,94	18,87	10,87
$S_2V_2D_1$	13,81	23,05	5,72
$S_2V_2D_2$	16,33	16,15	13,89

\*\*\* - sem dados

**Quadro 4.10** - Análise de efeitos principais (Ensaio SVD, 2005).

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	4296,936	1	4296,936	208,6710	0,000000
Bloco	142,136	2	71,068	3,4513	0,056740
DataSem	32,259	1	32,259	1,5666	0,228697
Variedade	55,469	1	55,469	2,6937	0,120250
Densidade	300,588	1	300,588	14,5974	0,001506
Error	329,471	16	20,592		

**Quadro 4.11** - Comparação entre Blocos.

Comparação Post-hoc. Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio SVD, 2005).

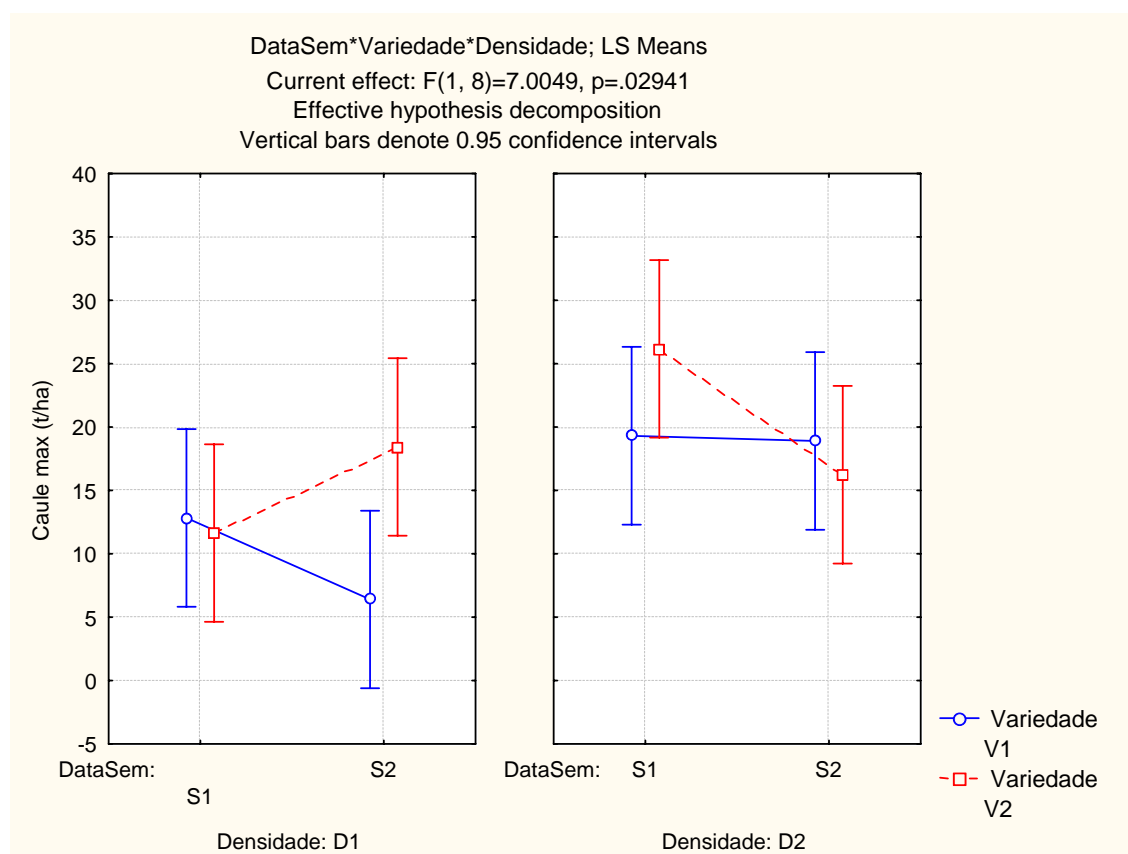
Bloco	Caule max (t/ha)	Grupos	
		1	2
B3	9,47	*	
B1	15,90		*
B2	16,59		*

No quadro 4.12 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de interacção entre os factores Data de Sementeira, Densidade e Variedade, considerando todos os cruzamentos possíveis e só os dados obtidos nos Blocos 1 e 2. A Densidade continua a ser o principal efeito gerador de diferenças. O efeito da Variedade, embora não seja significativo para  $\alpha = 0,1$ , poderá, no entanto, introduzir alguma variabilidade no conjunto dos resultados obtidos para as

interacções. O valor de  $p \approx 0,030$  na linha correspondente à interacção entre os três efeitos envolvidos denota que esta é significativa. Na figura 4.3 ilustra-se de forma gráfica o resultado obtido.

**Quadro 4.12** - Análise da interacção entre os factores Data de Sementeira, Variedade e Densidade (Ensaio SVD, 2005, Blocos 1 e 2).

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	4221,101	1	4221,101	228,7215	0,000000
DataSem	24,900	1	24,900	1,3492	0,278896
Variedade	56,400	1	56,400	3,0561	0,118565
Densidade	245,236	1	245,236	13,2882	0,006539
DataSem*Variedade	3,422	1	3,422	0,1854	0,678099
DataSem*Densidade	28,622	1	28,622	1,5509	0,248239
Variedade*Densidade	11,022	1	11,022	0,5973	0,461849
DataSem*Variedade*Densidade	129,277	1	129,277	7,0049	0,029407
Error	147,642	8	18,455		



**Figura 4.3** - Análise da interacção entre os efeitos Data de Sementeira, Variedade e Densidade (Ensaio SVD, 2005, Blocos 1 e 2).

De uma forma geral, verifica-se a existência de uma maior produção na densidade  $D_2$ , sem diferenças significativas relacionadas com as Datas de Sementeira. No entanto, existe uma diferença de resposta das Variedades em relação às Densidades e Datas de Sementeira. Na Densidade  $D_1$ , não existe diferença de produção entre as Variedades na Data de Sementeira  $S_1$ , enquanto que na Data de Sementeira  $S_2$ , a Variedade  $V_2$  parece ser mais produtiva. Na Densidade  $D_2$ , não existe diferença de produção entre as Variedades na Data de Sementeira  $S_2$ , enquanto que, na Data de Sementeira  $S_1$ , a Variedade  $V_2$  parece ser mais produtiva. A produção

da Variedade  $V_2$  parece ser mais favorecida nas condições  $S_1D_2$ . A variedade  $V_1$  parece ser mais desfavorecida nas condições  $S_2D_1$ .

No quadro 4.13 apresentam-se os resultados obtidos na comparação “*post-hoc*”, pelo método da mínima diferença significativa de Fischer, para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Os grupos 1 e 3 são mutuamente exclusivos e, em conjunto, dão a indicação de que, no geral, se conseguem maiores produções com a densidade  $D_2$ , independentemente da Data de Sementeira. Do grupo 2 retira-se a confirmação do que já foi dito atrás: A produção da Variedade  $V_2$  é maximizada nas condições  $S_1D_2$ . Excluindo os valores extremos, a produção média de caule nas condições de teste deste ano foi de 16,23 t/ha.

**Quadro 4.13** - Comparação Post-hoc. Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio SVD, 2005, Blocos 1 e 2).

Data Sem.	Variedade	Densidade	Caule max (t/ha)	Grupos		
				1	2	3
S2	V1	D1	6,41	*		
S1	V2	D1	11,64	*	*	
S1	V1	D1	12,84	*	*	
S2	V2	D2	16,24	*	*	
S2	V2	D1	18,43		*	*
S2	V1	D2	18,91		*	*
S1	V1	D2	19,32		*	*
S1	V2	D2	26,17			*

## 4.2 Efeito da adubação azotada e da irrigação

No capítulo anterior, foram apresentados de forma cronológica os dados obtidos nos ensaios NI em cada ano. Desse conjunto de dados, fez-se a extracção dos valores máximos de biomassa seca de caule obtidos, e é com esses valores que irá ser avaliado o efeito de cada um dos factores envolvidos: Adubação Azotada e Irrigação.

### 4.2.1 Ano de 2003

No quadro 4.14 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio NI, no ano de 2003. No quadro 4.15 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Verifica-se que não existem diferenças de produtividade significativas, dependentes da Adubação Azotada. Existem diferenças de produtividade significativas, dependentes da Irrigação ( $p \approx 0,009$ ).

**Quadro 4.14** - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2003.

	$I_0$	$I_{25}$	$I_{50}$	$I_{100}$
$N_0$	1,80	2,60	4,30	3,80
$N_{75}$	2,00	2,90	5,40	4,10
$N_{150}$	2,50	3,10	3,60	5,00

**Quadro 4.15** - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2003).

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	140,7675	1	140,7675	372,3461	0,000001
N	0,5450	2	0,2725	0,7208	0,524152
I	11,5492	3	3,8497	10,1830	0,009061
Error	2,2683	6	0,3781		

O ensaio foi realizado sem repetições, este ano. Devido a isso, não é possível fazer a análise de interações. No quadro 4.16 apresentam-se os resultados obtidos na comparação “*post-hoc*” para o efeito Irrigação, pelo método da mínima diferença significativa de Fischer, para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ . Os resultados obtidos mostram a existência de dois grupos homogêneos, indicando claramente que existe uma maior produção nos níveis de irrigação mais elevados.

**Quadro 4.16** - Comparação Post-hoc. Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio NI, 2003).

I	Caule max (t/ha)	1	2
I <sub>0</sub>	2,10	*	
I <sub>25</sub>	2,87	*	
I <sub>100</sub>	4,30		*
I <sub>50</sub>	4,43		*

Quando se realiza a análise, incluindo apenas os resultados correspondentes aos níveis mais baixos de irrigação (I<sub>0</sub> e I<sub>25</sub>), verifica-se que existem diferenças significativas para  $\alpha = 0,1$ , dependentes da Adubação Azotada ( $p \approx 0,060$ ). As diferenças dependentes da Irrigação são mais significativas ( $p \approx 0,013$ ).

Quando se realiza a comparação incluindo apenas os resultados correspondentes aos níveis mais altos de irrigação (I<sub>50</sub> e I<sub>100</sub>), verifica-se que não existem diferenças significativas para  $\alpha = 0,1$ , quer dependentes da Adubação Azotada, quer dependentes da Irrigação.

#### 4.2.2 Ano de 2004

No quadro 4.17 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio NI, no ano de 2004. No quadro 4.18 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Verifica-se que não existem diferenças de produtividade significativas, dependentes da Adubação Azotada ou da Irrigação.

Este foi o ano em que a sementeira foi realizada mais tarde. O curto tempo disponível para crescimento vegetativo resultou em produções de caule baixas e não permitiu o estabelecimento de diferenças significativas entre os diferentes tratamentos.

**Quadro 4.17** - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2004.

	I <sub>0</sub>	I <sub>25</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>100</sub>
N <sub>0</sub>	1,33	0,97	0,93	1,22
N <sub>75</sub>	1,91	1,04	1,78	0,64
N <sub>150</sub>	1,53	0,87	2,67	1,47

**Quadro 4.18** - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2004).

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	22,30413	1	22,30413	88,26038	0,000083
N	0,54862	2	0,27431	1,08547	0,395946
I	1,38940	3	0,46313	1,83268	0,241703
Error	1,51625	6	0,25271		

### 4.2.3 Ano de 2005

No quadro 4.19 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio NI, no ano de 2005. No quadro 4.20 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Neste ano, o ensaio foi realizado com replicados (Blocos). Desta forma, interessa avaliar em primeiro lugar, se os blocos são, de facto, replicados, ou se existem diferenças de produção associadas à colheita independente de dados. Como se pode ver no quadro 4.20, o valor de  $p \approx 0,079$  na linha correspondente ao efeito Bloco indicia a possibilidade de existência de diferenças de produção associadas a este factor. No entanto, na comparação “*post-hoc*” realizada para este factor não foi possível isolar nenhum dos Blocos como sendo diferente dos outros dois, para  $\alpha = 0.05$  (quadro 4.21). Desta forma, a análise prossegue, considerando os dados obtidos nos três blocos. A variância associada ao factor localização poderá introduzir algum erro nos resultados obtidos.

**Quadro 4.19** - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2005.

Bloco 1	I <sub>0</sub>	I <sub>25</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>100</sub>
N <sub>0</sub>	0,18	3,28	5,20	15,03
N <sub>75</sub>	0,09	5,47	9,64	20,75
N <sub>150</sub>	0,11	8,85	18,71	13,16
Bloco 2				
N <sub>0</sub>	4,34	8,11	9,71	14,45
N <sub>75</sub>	2,63	5,51	8,03	18,50
N <sub>150</sub>	12,32	12,37	15,25	13,90
Bloco 3				
N <sub>0</sub>	0,37	5,24	10,37	12,64
N <sub>75</sub>	0,79	3,77	2,02	7,45
N <sub>150</sub>	1,30	12,03	17,48	5,60

**Quadro 4.20** - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2005).

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	2578,101	1	2578,101	162,4576	0,000000
Bloco	88,543	2	44,271	2,7897	0,078556
N	109,762	2	54,881	3,4583	0,045474
I	612,905	3	204,302	12,8740	0,000018
Error	444,343	28	15,869		

**Quadro 4.21** - Comparação Post-hoc (efeito Bloco). Fischer LSD,  $\alpha = 0.05$  (Ensaio NI, 2005)

Bloco	Caule max (t/ha)	Grupos	
		1	2
B3	6,59	*	
B1	8,37	*	*
B2	10,43		*

Em termos de efeitos principais, verifica-se a existência de diferenças de produção significativas, relacionadas com os factores Irrigação e Adubação Azotada. O efeito da Irrigação é mais significativo o efeito da Adubação Azotada, uma vez que tem um menor valor de “p” associado. Em relação à Adubação Azotada, verifica-se que a produção associada à modalidade N<sub>150</sub> é superior às restantes (quadro 4.22). Quanto à Irrigação, dos três grupos formados na comparação “*post-hoc*” (quadro 4.23), é evidente que a produção associada à Irrigação I<sub>0</sub> é

inferior às restantes e que a um aumento da Irrigação corresponde um aumento da produção. No entanto, não é possível distinguir claramente entre  $I_{25}$  e  $I_{50}$  ou entre  $I_{50}$  e  $I_{100}$ .

**Quadro 4.22** - Comparação Post-hoc (Adubação Azotada). Fischer LSD,  $\alpha = 0.05$  (Ensaio NI, 2005)

N	Caule max (t/ha)	Grupos	
		1	2
$N_{75}$	7,05	*	
$N_0$	7,41	*	
$N_{150}$	10,92		*

**Quadro 4.23** - Comparação Post-hoc (Irrigação). Fischer LSD,  $\alpha = 0.05$ . (Ensaio NI, 2005)

I	Caule max (t/ha)	Grupos		
		1	2	3
$I_0$	2,46	*		
$I_{25}$	7,18		*	
$I_{50}$	10,71		*	*
$I_{100}$	13,50			*

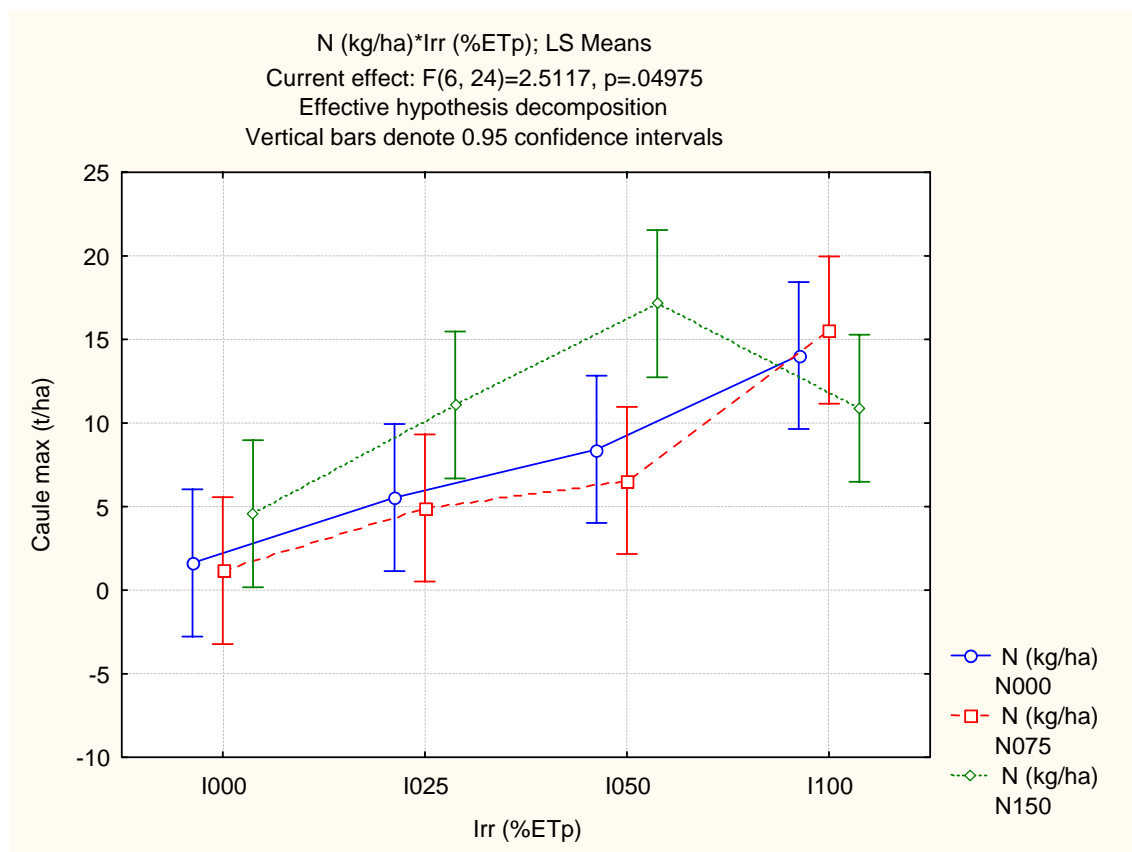
No quadro 4.24 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de interação entre os factores em estudo e na figura 4.4 ilustra-se graficamente os resultados obtidos. No quadro 4.24, o valor de  $p < 0,05$  na linha correspondente à interação denota que esta é significativa. A representação gráfica da figura 4.4 mostra que o aumento de produção está fundamentalmente relacionado com o aumento da Irrigação. Para as modalidades de Irrigação  $I_0$  e  $I_{100}$  não existem diferenças de produção significativas, relacionadas com as diferentes modalidades de Adubação Azotada. Para as modalidades de Irrigação  $I_{25}$  e  $I_{50}$ , as produções obtidas com a Adubação Azotada  $N_{150}$  são superiores às obtidas com as outras modalidades, sendo este efeito mais evidente em  $I_{50}$ . Dentro de determinados limites, a perda de produção decorrente da restrição da Irrigação parece ser compensada pelo aumento da disponibilidade de azoto.

**Quadro 4.24** - Análise da interação entre Adubação Azotada e Irrigação (Ensaio NI, 2005)

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	2578,101	1	2578,101	189,0209	0,000000
N	109,762	2	54,881	4,0238	0,031117
I	612,905	3	204,302	14,9790	0,000011
N*I	205,544	6	34,257	2,5117	0,049749
Error	327,342	24	13,639		

No quadro 4.25 apresentam-se os resultados obtidos na comparação “*post-hoc*”, pelo método da mínima diferença significativa de Fischer, para um nível de significância  $\alpha = 0,05$ , para as diversas combinações NI. Considerando os grupos homogêneos formados, e nas condições experimentais deste ensaio, poderão fazer-se as seguintes afirmações:

- Com a modalidade de Irrigação  $I_0$ , a produção média de caule foi sempre inferior a 9 t/ha, independentemente da Adubação Azotada aplicada;
- Produções médias de caule acima das 10 t/ha parecem ser garantidas pela modalidade de Irrigação  $I_{100}$ ;
- Produções médias de caule acima das 10 t/ha podem ser conseguidas com as modalidades de Irrigação  $I_{25}$  e  $I_{50}$ , desde que se use a Adubação Azotada  $N_{150}$ .



**Figura 4.4** - Análise da interação entre os efeitos Adubação Azotada e Irrigação (Ensaio NI, 2005).

**Quadro 4.25** - Comparação Post-hoc. Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio NI, 2005)

N	I	Caule max (t/ha)	Grupos					
			1	2	3	4	5	6
N <sub>75</sub>	I <sub>0</sub>	1,17	*					
N <sub>0</sub>	I <sub>0</sub>	1,63	*					
N <sub>150</sub>	I <sub>0</sub>	4,58	*	*				
N <sub>75</sub>	I <sub>25</sub>	4,92	*	*	*			
N <sub>0</sub>	I <sub>25</sub>	5,54	*	*	*			
N <sub>75</sub>	I <sub>50</sub>	6,56	*	*	*			
N <sub>0</sub>	I <sub>50</sub>	8,43		*	*	*		
N <sub>150</sub>	I <sub>100</sub>	10,89			*	*	*	
N <sub>150</sub>	I <sub>25</sub>	11,08			*	*	*	*
N <sub>0</sub>	I <sub>100</sub>	14,04				*	*	*
N <sub>75</sub>	I <sub>100</sub>	15,57					*	*
N <sub>150</sub>	I <sub>50</sub>	17,15						*

#### 4.2.4 Ano de 2006

No quadro 4.26 apresenta-se a produção máxima de biomassa seca de caule, obtida em cada um dos campos do ensaio NI, no ano de 2006. No quadro 4.27 apresenta-se a tabela de Análise de Variância para a análise de efeitos principais. Tal como em 2005, neste ano, o ensaio foi realizado com replicados (Blocos), pelo que se repete o procedimento de avaliar em primeiro

lugar, se os blocos são, de facto, replicados, ou se existem diferenças de produção associadas à colheita independente de dados.

Como se pode ver no quadro 4.27, o valor de  $p \approx 0,027$  na linha correspondente ao efeito Bloco indicia a existência de diferenças de produção associadas a este factor. Na comparação “*post-hoc*” realizada para este factor, verifica-se que a produção do Bloco 2 é significativamente diferente da dos restantes para  $\alpha = 0.05$  (quadro 4.28). Desta forma, para os passos seguintes da análise, serão considerados os dados obtidos apenas nos Blocos 1 e 3. Considerando ainda os dados dos 3 Blocos, verifica-se que o mais importante factor gerador de diferenças é a Irrigação (quadro 4.27).

**Quadro 4.26 - Produção máxima de caule (t/ha) no ensaio NI no ano de 2006.**

Bloco 1	I <sub>0</sub>	I <sub>25</sub>	I <sub>50</sub>	I <sub>100</sub>
N <sub>0</sub>	15,27	9,17	22,72	16,64
N <sub>75</sub>	13,89	8,58	17,64	12,36
N <sub>150</sub>	10,34	13,03	17,82	17,87
Bloco 2				
N <sub>0</sub>	7,30	8,16	9,71	9,42
N <sub>75</sub>	6,68	8,00	8,58	18,50
N <sub>150</sub>	12,32	12,37	12,51	13,90
Bloco 3				
N <sub>0</sub>	7,43	14,23	10,37	14,00
N <sub>75</sub>	7,00	16,49	15,34	16,50
N <sub>150</sub>	5,72	17,81	22,79	18,79

**Quadro 4.27 - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2006).**

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	6116,543	1	6116,543	467,6012	0,000000
Bloco	108,154	2	54,077	4,1341	0,026720
N	45,532	2	22,766	1,7404	0,193893
I	211,912	3	70,637	5,4001	0,004639
Error	366,259	28	13,081		

**Quadro 4.28 - Comparação Post-hoc (Blocos). Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio NI, 2006)**

Bloco	Caule max (t/ha)	Grupos	
		1	2
B2	10,621	*	
B3	13,872		*
B1	14,611		*

No quadro 4.29 apresenta-se a tabela de análise de variância para efeitos principais, mas considerando apenas os dados dos Blocos 1 e 3. Excluindo da análise os dados obtidos no Bloco 2, verifica-se que o factor Bloco deixa de ter efeito significativo nos valores da produção de caule obtidos. Nestas condições, o único efeito significativo decorre do factor Irrigação e não existem efeitos significativos relacionados com a interacção entre a Irrigação e a Adubação Azotada, como se pode verificar pela análise do quadro 4.30.

Na comparação “*post-hoc*” realizada para o factor Irrigação (quadro 4.31), verifica-se que a produção obtida com I<sub>0</sub> não é significativamente diferente da obtida com I<sub>25</sub>, mas é inferior às obtidas com I<sub>50</sub> ou I<sub>100</sub>.



**Quadro 4.29** - Análise de efeitos principais (Ensaio NI, 2006, Blocos 1 e 3).

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	4867,802	1	4867,802	313,3751	0,000000
Bloco	3,271	1	3,271	0,2106	0,652137
N	19,906	2	9,953	0,6407	0,539166
I	211,459	3	70,486	4,5377	0,016387
Error	264,069	17	15,533		

**Quadro 4.30** - Análise da interação entre Adubação Azotada e Irrigação (Ensaio NI, 2006, Blocos 1 e 3)

	SS	G. L.	MS	F	p
Intercept	4867,802	1	4867,802	260,3270	0,000000
N	19,906	2	9,953	0,5323	0,600514
I	211,459	3	70,486	3,7696	0,040753
N * I	42,954	6	7,159	0,3829	0,876190
Error	224,386	12	18,699		

**Quadro 4.31** - Comparação Post-hoc (Irrigação). Fischer LSD,  $\alpha = 0,05$  (Ensaio NI, 2006, Blocos 1 e 3)

I	Caule max (t/ha)	Grupos	
		1	2
I <sub>0</sub>	9,942	*	
I <sub>25</sub>	13,218	*	*
I <sub>100</sub>	16,027		*
I <sub>50</sub>	17,780		*

### 4.3 Relação entre o azoto presente na biomassa e a produção de biomassa aérea

Como já foi apresentado anteriormente, a concentração de azoto nas plantas de kenaf diminui ao longo do crescimento das mesmas. Esta observação está de acordo com o apresentado por outros autores, para diversas espécies de plantas cultivadas, que desenvolvem canópias densas (Greenwood *et al.*, 1986, 1990; Plénet e Lemaire, 2000; Lemaire *et al.*, 2008). Esta observação tem sido, normalmente, interpretada como sendo o resultado do envelhecimento das plantas e relacionada com a fenologia das mesmas. Lemaire e Salette (1984a,b) e Lemaire *et al.* (1985) mostraram que o declínio da concentração de azoto em diversas gramíneas forrageiras e em luzerna estava relacionada com a acumulação da biomassa seca da cultura, independentemente das condições climáticas do ano, da espécie e do genótipo. Esta relação pode ser descrita por uma função matemática a que chamaram “curva de diluição”:

$$\%N = aW^{-b} \quad (1)$$

sendo “%N” a concentração de azoto nas plantas, em percentagem, e “W” a biomassa seca da cultura, em t/ha. O coeficiente “a” é um parâmetro empírico e representa o valor da concentração de azoto nas plantas, em percentagem, quando o valor da biomassa é 1 t/ha, e o coeficiente “b” é um parâmetro empírico adimensional, que reflete a intensidade do decaimento da concentração de azoto nas plantas, em função do aumento da biomassa. Realizando ensaios de campo, contemplando um intervalo alargado de aplicação de adubações azotadas e com um tratamento estatístico adequado dos dados obtidos, foi possível definir para diversas culturas valores críticos de “%N” e de “a”, como sendo os mínimos valores destes parâmetros que ainda permitem o desenvolvimento das plantas sem limitações (Justes *et al.*, 1994; Lemaire e Gastal,

1997; Duru *et al.*, 1997; Plénet e Lemaire, 2000; Tei *et al.* 2002). Desta forma é possível definir uma “curva de diluição crítica”:

$$\%N_c = a_c W^{-b} \quad (2)$$

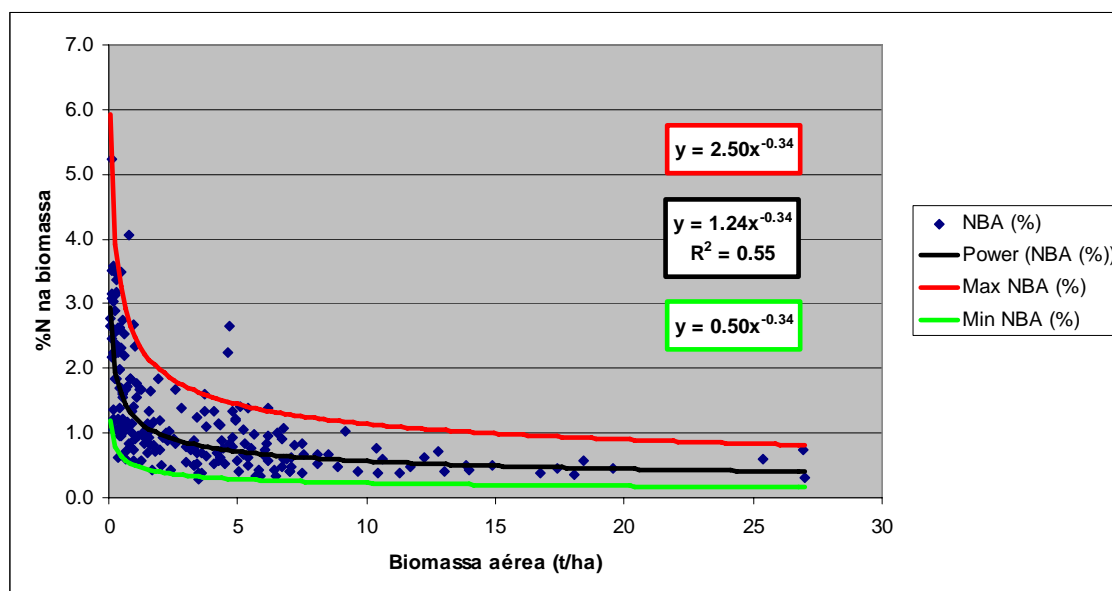
Os coeficientes “ $a_c$ ” encontrados por estes autores foram muito diferentes entre plantas dos grupos metabólicos C3 e C4, mas relativamente pouco variáveis dentro do mesmo grupo metabólico. Para as espécies estudadas do grupo C3, os valores oscilaram entre 4,5 para o tomate e 5,3 para o trigo. Para as espécies estudadas do grupo C4, foram encontrados valores entre 3,4 para o milho e 3,9 para o sorgo. O coeficiente “ $b$ ” apresenta alguma variabilidade entre espécies, mas não foram encontradas diferenças significativas entre grupos metabólicos. Os valores referidos oscilam entre 0,32 para ervilha e 0,52 para o arroz. Segundo os autores citados, as equações (1) e (2) só são válidas para o período de crescimento vegetativo das plantas. A equação (1) pode ser facilmente transformada, de forma a ser obtida uma outra que fornece a estimativa do azoto exportado do solo pela planta:

$$N = 10aW^{(1-b)} \quad (3)$$

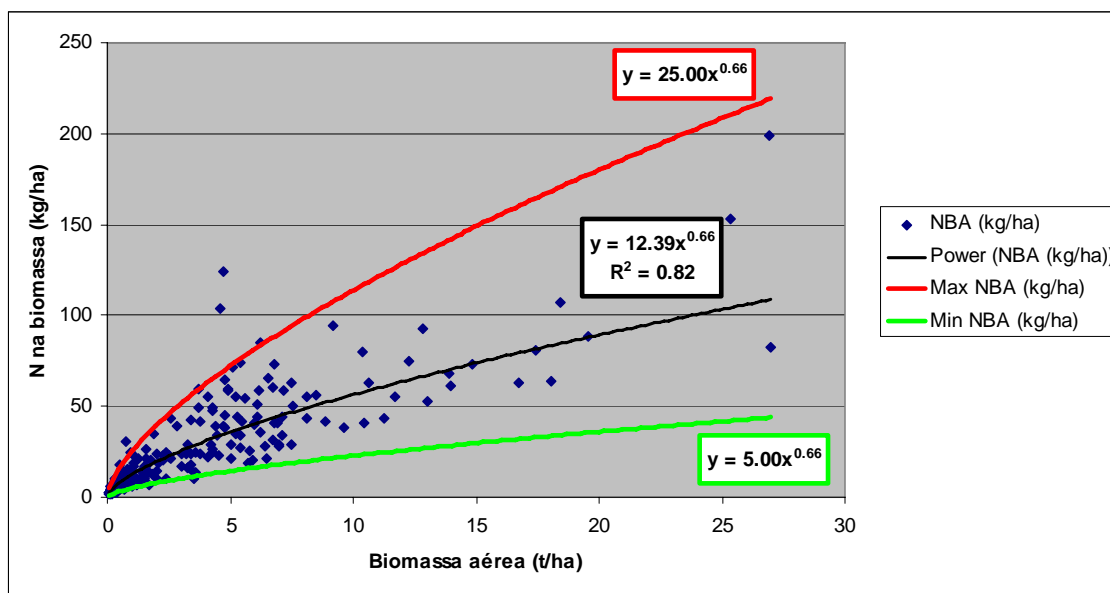
Com “ $N$ ” a representar o azoto retirado do solo pelas plantas, em kg/ha. De igual forma, será possível estimar a quantidade crítica de azoto que tem de estar disponível no solo, ao longo do ciclo cultural, para garantir a produção máxima:

$$N_c = 10a_c W^{(1-b)} \quad (4)$$

Nos ensaios realizados na FCT/UNL nos anos de 2003, 2004 e 2005, com duas variedades de kenaf, Tainung 2 e Everglades 41, diferentes datas de sementeira, intensidades de rega iguais ou superiores a 50% da ETp e adubação azotada de 0, 75 e 150 kg N/ha, foi possível obter um conjunto alargado de resultados (209 pares de valores), com os quais foram produzidas as curvas que se apresentam nas figuras 4.5 e 4.6.



**Figura 4.5** - Curva de diluição do azoto e “curvas envelope” para o kenaf cultivado na FCT/UNL.



**Figura 4.6** - Curva de consumo do azoto para o kenaf cultivado na FCT/UNL.

Na figura 4.5 apresenta-se a “curva de diluição” obtida para o kenaf, pelo ajuste da equação (1). O valor de  $r^2 = 0,554$ , obtido para o ajustamento desta curva aos valores experimentais, é estatisticamente muito significativo ( $p = 4,1 \times 10^{-38}$ ). Para o parâmetro “a” foi encontrado o valor 1,24, com um intervalo de 95% de confiança compreendido entre 1,16 e 1,32 ( $p = 2,2 \times 10^{-10}$ ). Para o parâmetro “b” foi encontrado o valor 0,34, com um intervalo de 95% de confiança compreendido entre 0,30 e 0,38 ( $p = 4,1 \times 10^{-38}$ ). São também apresentadas as “curvas envelope”, que enquadram a generalidade dos valores experimentais. Estas curvas foram obtidas mantendo constante o valor de “b” encontrado no ajustamento e fazendo variar o valor de “a”, tendo sido obtidos  $a_{\max} = 2,5$  e  $a_{\min} = 0,5$ . O valor de  $a_{\max}$  é característico para a concentração média de azoto nas folhas de kenaf, em percentagem sobre a massa seca, enquanto que o valor de  $a_{\min}$  é semelhante ao valor usual da concentração de azoto no caule lenhificado. Desta forma, quando a planta se está a desenvolver fundamentalmente na dimensão área (produção de massa foliar), os pontos experimentais estarão mais próximos da curva “Max NBA (%)”, indicando uma baixa competição pela luz. Esta é uma situação típica de uma cultura com baixa densidade, ou plantas jovens. Quando os pontos experimentais estão mais próximos da curva “Min NBA (%)”, o caule domina a biomassa aérea da planta. Isto acontece quando existe uma elevada densidade cultural e/ou quando a canópia já está fechada e a competição pela luz induz a planta a crescer em altura, maximizando a produção de folhas na zona iluminada (topo), reduzindo o número e massa de folhas por planta e produzindo mais tecido estrutural no caule. Desta forma, a adopção de um valor crítico de “a” para o kenaf, deve ter em conta o teor de azoto nas folhas, considerando-se que a planta estará apta a realizar o seu potencial de crescimento, quando a percentagem de azoto na massa foliar estiver acima de 2,5%, quando a biomassa aérea da cultura atingir 1 t/ha, o que deverá coincidir com o momento de fecho da canópia. Este valor de “a” é inferior ao indicado para outras espécies estudadas na bibliografia citada. A esta observação não deverá ser estranho o facto de que nenhuma das espécies indicadas na bibliografia apresenta a característica de lenhificação do caule que é apresentada pelo kenaf. O valor de “b” encontrado está dentro do intervalo de valores referido para outras espécies pelos autores citados. Em relação à figura 4.6, pode verificar-se que existe um bom ajustamento da equação (3) aos dados obtidos nos ensaios realizados na FCT. Estão também representadas as “curvas envelope”, calculadas com os valores de  $a_{\max}$  e  $a_{\min}$  obtidos anteriormente. Para a obtenção de produções de biomassa aérea total na ordem das 25 t/ha, parece ser necessário a existência de uma disponibilidade de azoto superior a 100 kg/ha, podendo a exportação deste nutriente ser tão elevada como cerca de 220 kg/ha.



## 5 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados nesta dissertação foram obtidos no decurso da participação da FCT/UNL no projecto financiado pela União Europeia QLK5 CT2002 01729 - Biomass Production Chain and Growth Simulation Model for Kenaf - BIOKENAF.

Os resultados obtidos em quatro anos de ensaios de campo e a sua análise estatística permitiram confirmar a hipótese de trabalho assumida para esta dissertação, uma vez que:

***a) As variedades de kenaf testadas nos ensaios realizados na FCT/UNL, no âmbito do projecto citado, podem ser cultivadas nesta região, com níveis de produção e partição relativa da biomassa semelhantes aos referidos na bibliografia para outras regiões do mundo, onde esta planta já é explorada comercialmente.***

***b) Foi, também, possível definir condições de cultura (data de sementeira, densidade cultural, adubação azotada e irrigação) que permitiram a maximização da produção de caule, nas condições edafo-climáticas da área onde se situa o Campus da FCT/UNL.***

A consequência prática deste resultado é que o sucesso da introdução do kenaf em algumas regiões de Portugal já não depende da incerteza dos aspectos agronómicos, mas sim do estabelecimento das diversas fileiras de aproveitamento e transformação da biomassa produzida. Este é, agora, o passo mais importante a ser dado e é aqui que reside o maior impasse. Embora a cultura do kenaf seja relativamente fácil e não envolva necessidades tecnológicas fora do alcance da agricultura nacional, é pouco provável que alguém vá investir na sua produção, se não existir a segurança para o escoamento da biomassa produzida. Por outro lado, será difícil de prever que haja investimento a jusante da fase agronómica, sem que seja garantida a segurança do aprovisionamento da matéria-prima.

Parece que a solução deste impasse está na formação de consórcios entre produtores e transformadores, que permitam a formação de toda a cadeia de valor, de forma integrada. Numa primeira fase, não será de excluir a necessidade da intervenção do estado, como unidade aglutinadora dos esforços e utilizando algumas ferramentas ao seu dispor, no âmbito do estímulo à criação de emprego e do desenvolvimento rural, entre outras.

As utilizações já demonstradas da biomassa de kenaf que introduzem maior valor acrescentado são aquelas que fazem utilização da fibra liberiana do caule previamente separada. A implementação das fileiras que fazem utilização deste componente da planta (têxteis, papel, compósitos) irá gerar um excedente de biomassa, constituído pela fracção lenhosa do caule (60% a 70% da produção), cuja utilização óbvia deverá ser a produção de energia, a exemplo do que já é feito na indústria de pasta de papel, em relação aos co-produtos da exploração florestal dedicada.

A produção dedicada de kenaf, tal como de outros tipos de biomassa vegetal, para utilização energética em larga escala, só parece ser interessante com a intervenção do Estado, a nível da taxa de emissões de origem fóssil, para que este sector de actividade possa competir com a utilização de carvão mineral para os mesmos fins, como já foi demonstrado no decurso de um outro projecto (COPOWER) em que o candidato participou (Gulyurtlu *et al.* 2006; Morais *et al.*, 2008).

A abordagem aos resultados obtidos durante o projecto BIOKENAF, realizada na presente dissertação, focalizou-se na caracterização das condições que resultavam na maximização da produção de biomassa de caule, independentemente da data de colheita. As conclusões obtidas não são significativamente diferentes daquelas que figuram em trabalhos já publicados com co-autoria do candidato, com base no mesmo projecto, mas que consideravam a produção de biomassa nas datas de colheita “tradicionais” (Fernando *et al.*, 2004a, b, c; 2005; 2007a, b, c, d; 2008). Dos resultados obtidos, são aspectos importantes a reter:

- Não foram observadas diferenças significativas de produção entre as variedades estudadas;

- A data de sementeira é um factor importante para a produtividade da cultura, sendo obtidas maiores produções quando a sementeira foi realizada em Maio;
- Quando a sementeira foi realizada cedo (primeira quinzena de Maio), não foram observadas diferenças significativas de produção relacionadas com a densidade de sementeira, no intervalo entre 20 e 40 plantas/m<sup>2</sup>;
- Quando a sementeira foi realizada tarde (depois da 15 de Junho), foram obtidas maiores produções na densidade mais elevada;
- A irrigação é o factor mais importante para a cultura, sendo necessário garantir mais de 50% da ETp para obter produções de caule interessantes;
- No solo argiloso e rico em azoto em que foram realizados os ensaios o kenaf só respondeu à adubação azotada quando a rega foi deficitária;
- Nas condições mais favoráveis dos ensaios realizados, pode ser esperada uma produção anual típica de caule entre as 15 e as 20 toneladas de massa seca por hectare, o que torna esta planta competitiva com as espécies florestais mais cultivadas em Portugal para a produção de pasta de papel;
- O kenaf pode exportar anualmente do solo entre 75 e 200 kg N/ha, para os níveis de produção indicados.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E RECURSOS DA INTERNET

### 6.1 Referências Bibliográficas

- AEMET, IM, 2011. Atlas Climático Ibérico – Temperatura do ar e Precipitação (1971-2000). Agencia Estatal de Meteorologia, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino e Instituto de Meteorologia de Portugal (eds). ISBN: 978-84-7837-079-5.
- Alexopoulou, E., Christou, M., Mardikis, M., Chatziathanasiou, A., 2000. Growth and yields of kenaf varieties in central Greece. *Ind. Crops Prod.* 11, 163–172.
- Alexopoulou, E., Christou, M., Nicholaou, A., Mardikis, M., 2004. BIOKENAF: a network for industrial products and biomass for energy from kenaf. In: Van Swaalj, W.P.M. (Ed.), *Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Proceedings of the 2nd World Biomass Conference.* 10–14 May, Roma, Italy, pp. 2040–2043.
- Angelini L. G., M. Macchia, L. Ceccarini, E. Bonari, 1998. Screening of Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) genotypes for low temperature requirements during germination and evaluation of feasibility of seed production in Italy. *Field Crops Res.* 59, 73-79.
- Angus J. F., R. B. Cunningham, M. W. Moncur, D. H. Mackenzie, 1981. Phasic development in field crops. I. Thermal response in the seedling phase. *Field Crops Res.* 3 (1981), 365-378.
- Atchinson, J. E., McGovern J. N., 1983. History of paper and the importance of non-wood plant fibers. In: Kocurek, M. J., Stevens, F. (eds.) *Pulp and Paper Manufacture*, Third Ed., Tappi Press, Atlanta, GA, pp. 1-3.
- Baldwin, B. S., 1994. Selection and Breeding of kenaf for Mississippi. In M.J. Fuller (ed.), *A summary of kenaf Production and Product Development Research 1989-1993.* Miss. Agric. and Forestry Exp. Sta., Mississippi State, MS, Bulletin 1011 (33pp.), p.9.
- Baldwin, B. S., 1996. Adaptation of kenaf to temperate climatic zones. In: J. Janick (ed.), *Progress in new crops.* ASHS Press, Arlington, VA., pp. 402-404.
- Bañuelos, G.S., Bryla, D.R., Cook, C.G., 2002. Vegetative production of kenaf and canola under irrigation in central California. *Ind. Crops Prod.* 15, 237–245.
- Belocchi, A., Quaranta, F., Desiderio, E., 1998. Yields and adaptability of kenaf varieties (*Hibiscus cannabinus*) for paper pulp in central Italy. In: *Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry.* James & James (Science publishers) Ltd, pp. 1039–1049.
- Benton Jones Jr., J., 2002. *Agronomic Handbook, Management of Crops, Soils, and their Fertility.* CRC Press, ISBN 0-8493-0897-6. Boca Raton, Florida.
- Bhangoo, M.S., Tehrani, H.S., Henderson, J., 1986. Effects of planting date, nitrogen levels, row spacing and plant population on kenaf performance in San Joaquin Valley. *Agron. J.* 78 (4), 600–604.
- Bhardwaj, H.L., Webber III, C.L., Sakamoto, G.S., 2005. Cultivation of kenaf and sunn hemp in the mid-Atlantic United States. *Ind. Crops Prod.* 22, 151–155.
- Carberry, P.S., Abrecht, D.G., 1990. Germination and elongation of the hypocotyls and radicle of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) in response to temperature. *Field Crop Res.* 24, 227–240.
- Carberry, P.S., Muchow, R.C., 1992. A simulation model for kenaf assisting fibre industry planning in northern Australia. II. Leaf area Development. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 1515–1526.
- Carberry, P.S., Muchow, R.C., Williams, R., Sturtz, J.D., McCown, R.L., 1992. A simulation model for kenaf assisting fibre industry planning in northern Australia. I. General introduction and phenological model. *Aust. J. Agric. Res.* 43, 1501–1513.

Carvalho Cardoso, José V. J., 1965. Os solos de Portugal, sua classificação, caracterização e génese. 1 – A Sul do Rio Tejo. Secretaria de Estado da Agricultura, Direcção-Geral dos Serviços Agrícolas. Lisboa.

Casimiro Mendes, J., Zorro Gonçalves, M., 1980. Contribuição para o estudo do balanço cronológico de água no solo, nos meses e no ano, em Portugal Continental. O Clima de Portugal, Fascículo XXV. Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Lisboa.

CELPA (ed.), 2007. Indústria Papeleira Portuguesa – Boletim Estatístico 2006. Associação da Indústria Papeleira (ed.), Lisboa. ISSN 1645-4154, pp. 125.

Clark, T. F., Bagdy, M. O., Cunningham, R. L., Touzinsky, G. F., Tallent, W. H., 1971. Pulping of kenaf bark and woody fractions: preliminary investigations. TAPPI, Non-wood plant fiber pulping. Progress Report N° 2, 153-159.

Clark, T.F., Wolff, I.A., 1969. A search for new fiber crops, XI. Compositional characteristics of Illinois kenaf at several population densities and maturities. TAPPI 52(11):211–216.

Crane, J. C., 1947. Kenaf: Fibre plant, rival of jute. Econ. Bot. 1:334-350.

Crane, J.C., Acuna, J.B., 1945. Effect of plant spacing and time of planting on seed yield of kenaf, *Hibiscus cannabinus* L. J. Am. Soc. Agron. 37:969–77.

Crane, J. C., Acuna, J. B., Alonso, R. E., 1946. Effect of plant spacing and planting on fiber yield of kenaf. J. Am. Soc. Agron. 38:46-59.

Craven, L. A., Wilson, F. D., Fryxell, P. A., 2003. A taxonomic review of *Hibiscus* section *Furcaria* (*Malvaceae*) in Western Australia and the Northern Territory. Austral. Syst. Bot. 16:185–218.

Danalatos N.G., Archontoulis, S.V., 2010. Growth and biomass productivity of kenaf (*Hibiscus cannabinus*, L.) under different agricultural inputs and management practices in central Greece. Industrial Crops and Products 32:231–240.

Dansiri, N., Yanumet, N., Ellis, J. W., Ishida, H., 2004. Resin transfer molding of natural fiber reinforced polybenzoxazine composites. Polymer Composites 23(2):352-360.

Dempsey J. M., 1963. Long-vegetable fiber development in South Vietnam and other Asian countries. 1957-1962 Operation mission, Saigon.

Dempsey J. M., 1975. Kenaf. In: Fiber Crops. The University Presses of Gainesville, Florida, USA, pp. 203-302.

Dryer, J.F., 1967. Kenaf seed cultivars. In: Proc. First Conf. on Kenaf for Pulp. Gainesville, FL. p. 44–46.

Duru, M., Lemaire, G., Cruz, P., 1997. The nitrogen requirements of major agricultural crops: grasslands. In: Lemaire, G. (Ed.), Diagnosis on the Nitrogen Status in Crops. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 59–72.

FAO (ed), 2009. Jute, kenaf, sisal, abaca, coir and allied fibres – Statistics, June 2009. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Trade and Market Division, Rome. CCP:JU/HF/ST/2009/1. 60 p. <http://www.fao.org>.

Feng, D., Caulfield, D. F., Sanadi, A. R., 2004. Effect of compatibilizer on the structure-property relationships of kenaf-fiber/polypropylene composites. Polymer Composites 22(4):506-517.

Fernando A, Duarte P., Morais J., Catroga A., Serras G., Mendes, B. S., Oliveira J. S., 2004a. Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock. In: Proceedings Renewables 2004: International Conference on New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development, Bioenergy II-2.2 (Integral version on CD-ROM), 11 pp.



- Fernando, A., Duarte, P., Morais, J., Catroga, A., Serras, G., Pizza, S., Godovikova, V., Oliveira, J. S., 2004b. Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock – the effect of irrigation, nitrogen fertilization and different harvest dates. *In: Proceedings of the 2nd World Biomass Conference-Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, Van Swaaij, W. P. M., Fjällström, T., Helm, P., Grassi, A. (Eds.), ETA-Florence and WIP-Munich (Publ.), Rome, pp. 169-172 (ISBN 88-89407-03-4, ISBN 3-936-338-17-5).
- Fernando, A., Duarte, P., Morais, J., Catroga, A., Serras, G., Pizza, S., Godovikova, V., Oliveira, J. S., 2004c. Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock – the effect of different varieties, sowing dates, plant populations and different harvest dates. *In: Proceedings of the 2nd World Biomass Conference-Biomass for Energy, Industry and Climate Protection*, Van Swaaij, W.P.M., Fjällström, T., Helm, P., Grassi, A. (Eds.), ETA-Florence e WIP-Munich (Publ.), Rome, pp. 281-284 (ISBN 88-89407-03-4/3-936-338-17-5).
- Fernando, A., Duarte, P., Morais, J., Catroga, A., Serras, G., Mendes, B. S., Oliveira, J. S., 2005. Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock – the effect of crop management, 2nd year experiments. *In: Biomass for Energy, Industry and Climate Protection - Proceedings of the 14th European Biomass Conference & Exhibition*, Sjunnesson, L., Carrasco, J.E., Helm, P., Grassi, A. (Eds.), ETA-Florence e WIP-Munich (Publ.), Paris, pp. 254-257 (ISBN 88-89407-07-7).
- Fernando, A., Duarte, P., Morais, J., Catroga, A., Serras, G., Lobato N., Mendes, B., Oliveira, J. F. S., 2007a. Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock – the effect of different varieties, sowing dates, plant populations and different harvest dates, results from three experimental years. *In: Proceedings of the 15th European Biomass Conference & Exhibition - From Research to Market Development*, Maniatis, K., Grimm, H. P., Helm, P., Grassi, A. (Eds.), ETA-Renewable Energies and WIP-Renewable Energies (Publ.), Berlin, pp. 701-705 (ISBN 978-88-89407-59-X and ISBN 3-936338-21-3).
- Fernando, A., Duarte, P., Morais, J., Catroga, A., Serras, G., Lobato N., Mendes, B., Oliveira, J. F. S., 2007b. Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock – the effect of irrigation and nitrogen fertilization, results from four experimental years. *In: Proceedings of the 15th European Biomass Conference & Exhibition - From Research to Market Development*, Maniatis, K., Grimm, H. P., Helm, P., Grassi, A. (Eds.), ETA-Renewable Energies and WIP-Renewable Energies (Publ.), Berlin, pp. 772-776 (ISBN 978-88-89407-59-X and ISBN 3-936338-21-3).
- Fernando, A., Duarte, P., Morais, J., Catroga, A., Serras, G., Mendes, B. S., Oliveira, J. S., 2007c, Characterization of Kenaf potential in Portugal as an industrial and energy feedstock. *In: New and Renewable Energy Technologies for Sustainable Development*, Carvalho, M. G., Afgan, N. H. (Eds.), World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. (Publ.), Singapore, pp. 87-93 (ISBN 978-981-270-505-1/981-270-505-8).
- Fernando, A., Morais, J., Mendes, B., Oliveira, J. F. S., 2007d. Is kenaf a non-food crop for alternative land use in South Portugal? *In: Proceedings of the European Meeting Point: Energy for Development*, 10th to 12th October, Beja, RGEDS, IDMEC (Ed.), 3 pp.
- Fernando, A., Morais, J., Mendes, B., Oliveira, J.F.S., 2008. Is kenaf an Effective Land-use Alternative for the Energy and Industrial Sectors in Portugal? *In: Proceedings of Bioenergy: Challenges and Opportunities - International Conference and Exhibition on Bioenergy*. pp. 237-242 (ISBN 978-989-20-0741-0) April 6th – 9th 2008 Universidade do Minho, Guimarães, Portugal
- Ferraris R., 1979. Effect of time of sowing and age of harvest on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in the wet tropics. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 45, 132-136.
- Francois, L.E., Donovan, T.J., Mass, E.V., 1992. Yield, vegetative growth and fiber length of kenaf grown on saline soil. *Agron. J.* 88, 592–598.

- Gray, L.N., Collavino, N.G., Simon, G.E., Mariotti, J.A., 2006. Diallelic analysis of genetic effects determining days to flowering in kenaf. *Ind. Crops Prod.* 23, 194–200.
- Greenwood, D.J., Lemaire, G., Gosse, G., Cruz, P., Draycott, A., Neeteson, J.J., 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.* 66, 425–436.
- Greenwood, D.J., Neeteson, J.J., Draycott, A., 1986. Quantitative relationships for the dependence of growth rate of arable crops to their nitrogen content, dry weight and aerial environment. *Plant Soil* 91, 281–301.
- Gulyurtlu, I.; Lopes, H.; Boavida, D.; Abelha, P.; Werther, J.; Hartge, E.-U.; Wischniewski, R.; Leckner, B.; Amand L.-E.; Davidsson, K.; Salatino, P.; Chirone, R.; Scala, F.; Urciuolo, M.; Oliveira, J. F.; Lapa, N.; Morais, J.; Heidenhof, N.; Dugwell, D.; Paterson, N.; Kandiyoti, R.; Schiavetti, M.; Donatini, F.; Yurum, Y.; Dumanli, A.G.; Maricato, S.; Blanco, A., 2006. Co-firing of biomass and other wastes in fluidised bed systems. *In: Proceedings of the 19th Fluidized Bed Combustion Conference - The International Conference on Fluidized Bed Combustion, 21st to 24th May, Vienna. (ISBN/ISSN 3-200-00645-5), Paper 88, pp. 1-11.*
- Han, J. S., Miyashita, E. S., Spielvogel, S. J., 1999. Properties of Kenaf from various cultivars, growth and pulping conditions. *In: Kenaf Properties, Processing and Products, Mississippi State University, Ag & Bio Engineering, ISBN 0-9670559-0-3. Chapter 23, pp. 267-283.*
- Han, J. S., Wonsup, K., Rowell, R. M., 1995. Chemical and physical properties of kenaf as a function of growth. *In: Proc. Seventh Annu. Intl. Kenaf Assoc. Conf., Irving, TX, pp. 63-68.*
- Hopkins, C. Y., Chisholm, M. J. 1959. Fatty acids of kenaf seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 36: 95-96.
- Jones, M. D., Puentes, C., Suarez., R., 1955. Isolation of kenaf for seed increase. *Agron. J.* 47:256–257.
- Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Machet, J.M., Thelier-Huché, L., 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.* 74:397–407.
- Kaldor, A. F., 1989. Preparation of kenaf bark and core fibres for pulping by the Annkel method. *Tappi J.* 72 (9), 137-140.
- Kalo, A., Sterrett, S.B., Hoepner, P.H., Diem, F., Taylor, D.B, 1999. Feasibility of adopting kenaf on the eastern shore of Virginia. *In: J. Janick (Ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 311-315.*
- Karnani, R., Krishnan, M., Narayan, R., 2004. Biofiber-reinforced polypropylene composites. *Polimer Engineering & Science* 37(2):476-483.
- Killinger, G.B., 1969. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), a multi-use crop. *Agron. J.* 61:734–736.
- Kipriotis, E., Alexopoulou, E., Papatheohari, Y., Moskov, G., Georgiadis, S., 2007. Cultivation of kenaf in north-east Greece. Part II. Effect of variety and nitrogen on growth and dry yield. *J. Food Agric. Environ.* 5 (1), 135–139.
- Kuchindra, N.C., Ndahi, W.B., Lagoke, S.T.O., Ahmed, M.K., 2001. The effects of nitrogen and period of weed interference on the fibre yield of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) in the northern Guinea Savanna of Nigeria. *Crop Prot.* 20, 229–235.
- Kugler, D.E., 1988. Kenaf newsprint: Realizing commercialization of a new crop after four decades of research and development. USDA-Cooperative State Research Service, Washington, D.C.
- Lemaire, G., Gastal, F., 1997. N uptake and distribution in plant canopies. *In: Lemaire, G. (Ed.), Diagnosis on the Nitrogen Status in Crops. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 3–43.*
- Lemaire, G., Jeuffroid, M-H., Gastal, F., 2008. Diagnosis tool for plant and crop status in vegetative stage – Theory and practices for crop N management. *Europ. J. Agronomy* 28 (2008) 614-624.

- Lemaire, G., Salette, J., 1984a. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. I Etude de l'effet du milieu. *Agronomie* 4:423–430.
- Lemaire, G., Salette, J., 1984b. Relation entre dynamique de croissance et dynamique de prélèvement d'azote pour un peuplement de graminées fourragères. II Etude de la variabilité entre génotypes. *Agronomie* 4:431–436.
- Lieth, H., and E. Box, 1972. Evapotranspiration and primary productivity. C. W. Thornthwaite Memorial Model. In: J. R. Mather (ed.), *Papers on Selected Topics in Climatology*. Publications in Climatology Vol. 25. C. W. Thornthwaite Associates, Elmer, New Jersey. pp. 37-46.
- Liu, Y., Labuschagne, M.T., 2009. The influence of environment and season on stalk yield in kenaf. *Ind. Crops Prod.* 29:377–380.
- Mambelli, S., Grandi, S., 1995. Yield and quality of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stem as affected by harvest date and irrigation. *Ind. Crops Prod.* 4:97-104.
- Manzanares, M., Tenorio J.L., Manzanares P., Ayebre L., 1993. Yield and development of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) crop in relation to water supply and intercepted radiation. *Biomass and Bioenergy* VOL. 5, 5:337-345.
- Manzanares, M., Tenorio, J.L., Ayerbe, L., 1997. Sowing time, cultivar, plant population, and application of N fertilizer on kenaf Spain's central plateau. *Biomass Bioenergy* 14 (4):263–271.
- McGregor, S.E., 1976. Insect Pollination of Cultivated Crop Plants. Chapter 7: Small Fruits And Brambles. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.), family Malvaceae. USDA Agric. Handbook. N° 496.
- McMillin, J.D., Wanger, M.R., Webber III, C.L., Mann, S.S., Nichols, J.D., Jech, L., 1998. Potential for kenaf cultivation in south-central Arizona. *Ind. Crops Prod.* 9:73–77.
- Medina, J.C., 1950. Effect of time of planting on production of *Hibiscus cannabinus* L.. *Bragantia* 10:125-137.
- Meints, P.D., Smith, C.A., 2003. Kenaf seed storage duration on germination, emergence and yield. *Ind. Crops Prod.* 17:9–14.
- Morais, J., Lapa, N., Barbosa, R., Santos, A., Mendes, B., Santos Oliveira, J. F., 2008. Environmental and Socio-Economic Assessment of co-Combustion of Coal, biomass and non-Hazardous Wastes in a Full-Scale Power plant. In: *Proceedings of Bioenergy: Challenges and Opportunities - International Conference and Exhibition on Bioenergy*. (ISBN 978-989-20-0741-0) April 6th – 9th 2008 Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. pp. 273-280.
- Muchow, R.C., 1983. Effect of sowing date on the growth and yield of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown under irrigation in tropical Australia. Phenology and seed production. *Field Crop Res.* 7:81-90.
- Muchow, R.C., 1992. Effect of water and nitrogen supply on radiation interception and biomass accumulation of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) in a semi-arid tropical environment. *Field Crop Res.* 28:281–293.
- Muchow, R.C., Carberry, P.S., 1993. A simulation model for kenaf assisting fibre industry planning in northern Australia. V. Impact of different crop trait. *Aust. J. Agric. Res.* 44:731–744.
- Muchow, R.C., Wood, I. M., 1980. Yield and growth responses of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in a semi-arid tropical environment to irrigation regimes based on leaf water potential. *Irrig. Sci.* 1:209-222.
- Nielsen, D.C., 2004. Kenaf forage yield and quality under varying water availability. *Am. J. Agron.* 96:204–213.

- Patanè, C., D'Agosta, G.M., Mantineo, M., Cosentino, S.L., 2007. Radiation interception and use by kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) canopy under different water and nitrogen supply. *In: Proceedings of 15th European Biomass Conference*, Berlin, Germany, pp. 791–794.
- Pate, J.B., Joyner, J.F., 1958. The inheritance of a male sterility factor in kenaf, (*Hibiscus cannabinus* L.). *Agronomy Journal* 50, p.402.
- Petrini, C., Belletti, A., 1991. Kenaf adaptability and productivity potentialities in the north centre of Italy. *In: Biomass for Energy, Industry and Environment*, 6<sup>th</sup> E.C. Conference, Athens, pp. 292-296.
- Plénet, D., Lemaire, G., 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. *Plant Soil* 216:65–82.
- Quaranta, E., Belocchi, A., Bottazzi, P., Monotti, M., Del Pino, A.M., Desiderio, E., 2000. Limited water supply on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in central Italy. *Ital. J. Agron.* 4 (1), 1–9.
- Rehm, S., Espig, G., 1991. *The Cultivated Plants of Tropics and Subtropics*. Verlag Joseph Margraf, Priesse GmbH, Berlin.
- Roseberg, R.J., 1996. Underexploited temperate industrial and fiber crops. *In: J. Janick (Ed.), Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA., pp. 60-84.
- Rowel, R. M., Stout, H. P., 2007. Jute and Kenaf. *In: Menachem Lewin (ed.), Handbook of Fiber Chemistry* (third edition), CRC Press, Boca Raton, FL, ISBN 0-8247-2565-4, pp. 405-452.
- Singh, D.P., 1988. Breeding Mesta (*Hibiscus cannabinus* and *H. sabdariffa* L.) for better quality. Induction of mutations superior in fats, fatty acids and amino acid content. *Genet. Agric.*, 42:273-282.
- Singh, D. P., s. d. Mesta (*Hibiscus cannabinus* & *Hibiscus sabdariffa*). Central Research Institute for Jute & Allied Fibres. Barrackpore 743, 24-Parganas (North), West Bengal, India. 28 p. <http://www.assamagribusiness.nic.in>.
- Suriyajantratong, W., Tucker, R.E., Sigafus, R.E., Mitchell Jr, G.E., 1973. Kenaf and rice straw for sheep. *J. Anim. Sci.* 37:1251–1254.
- Swingle, R.S., Urias, A.R., Doyle, J.C., Voigt, R.L., 1978. Chemical composition of kenaf forage and its digestibility by lambs and in vitro. *J. Anim. Sci.* 46:1346–1350.
- Tamargo, M.A., Jones, M. D., 1954. Agents concerned with natural crossing in kenaf in Cuba. *Agron. J.* 46:456–459.
- Taylor, C.S., 1993. Kenaf: An emerging new crop industry. *In: J. Janick and J.E. Simon (Eds.), New crops*. Wiley, New York, pp. 402-407.
- Tei, F., Benincasa, P., Guidici, M., 2002. Critical nitrogen concentration in processing tomato. *Eur. J. Agron.* 18:45–56.
- Thornthwaite, C. W., and J. R. Mather, 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Drexel Inst. Technol. Publ. Clim., X(3 ).
- UNCTAD, 2010. Oil Prices and Maritime Freight Rates: An Empirical Investigation. Technical report by the UNCTAD secretariat. United Nations Conference on Trade and Development. UNCTAD/DTL/TLB/2009/2, 1 April 2010. 40 pp.
- Webber III, C.L., 1993. Crude protein and yield components of six kenaf cultivars as affected by crop maturity. *Ind. Crops Prod.* 2, 27–31.
- Webber III, C.L., 1996. Response of kenaf to nitrogen fertilization. *In: Janick, J., Simon (Eds.), Progress in New Crops*. Wiley, New York, pp. 404–408.

- Webber III, C.L., 1999. Effect of kenaf and soybean rotations on yield components, 1999. In: J. Janick (Ed.), Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 316-321.
- Webber III, C.L., Bledsoe, V.K., 2002. Kenaf yield components and plant composition. In: Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 348-357.
- Webber III, C. L., Bhardwaj, H. L., Bledsoe, V. K., 2002. Kenaf Production: Fiber, Feed, and Seed. In: Janick, J., Whipkey, A. (Eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA, pp. 327-339.
- White, G.A., Cummins, D.G., Whiteley, E.L., Fike, W.T., Greig, J.K., Martin, J.A., Killinger, G.B., Higgins, J.J., Clark, T.F.. 1970. Cultural and harvesting methods for kenaf. USDA Prod. Res. Rep. 113. Washington, DC.
- Wildeus, S., Bhardwaj, H.L., Rangappa, M., Webber, III, C.L., 1995. Consumption of chopped kenaf by Spanish goats. Proc. Int. Kenaf Assoc. Conf. Irving, TX. 7:161-164.
- Wilson, F. D. 1999. Revision of *Hibiscus* section *Furcaria* (*Malvaceae*) in Africa and Asia. Bull. Nat. Hist. Mus. London, Bot. 29:47-79.
- Wing, J.M., 1967. Ensilability, acceptability and digestibility of kenaf. Feedstuffs 39:26.
- Wood, I.M., Muchow, R.C., 1980. Estimation of optimal rate of application of nitrogen for kenaf (*Hibiscus cannabinus*) harvested at different ages for paper pulp production. CSIRO Aust. Trop. Agron. Tech. Mem. 25.
- Wood, I.M., Muchow, R.C., Ratcliff, 1983. Effect of sowing date on the growth and yield of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) grown under irrigation to tropical Australia. II. Stem production. Field Crop Res. 7, 91-102.
- Xu, J., Sugawara, R., Widyorini, R., 2004. Manufacture and properties of low-density binderless particleboard from kenaf core. J. Wood Sci. 50:62-67.

## 6.2 Recursos da Internet

- Observatório Astronómico de Lisboa, OAL, <http://www.oal.ul.pt>.
- Atlas do Ambiente Digital – Instituto do Ambiente, <http://www.iambiente.pt>.
- Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos, SNIRH, <http://snirh.inag.pt>.
- Google™ Earth, <http://earth.google.com>.
- Instituto Geográfico do Exército, IGeoE, <http://www.igeoe.pt>.
- Direcção-Geral da Agricultura e Desenvolvimento Rural, DGADR, <http://www.dgadr.pt>.
- German Insurance Association (GDV e.V.) - Transport Information Service (TIS), [www.tis-gdv.de](http://www.tis-gdv.de).